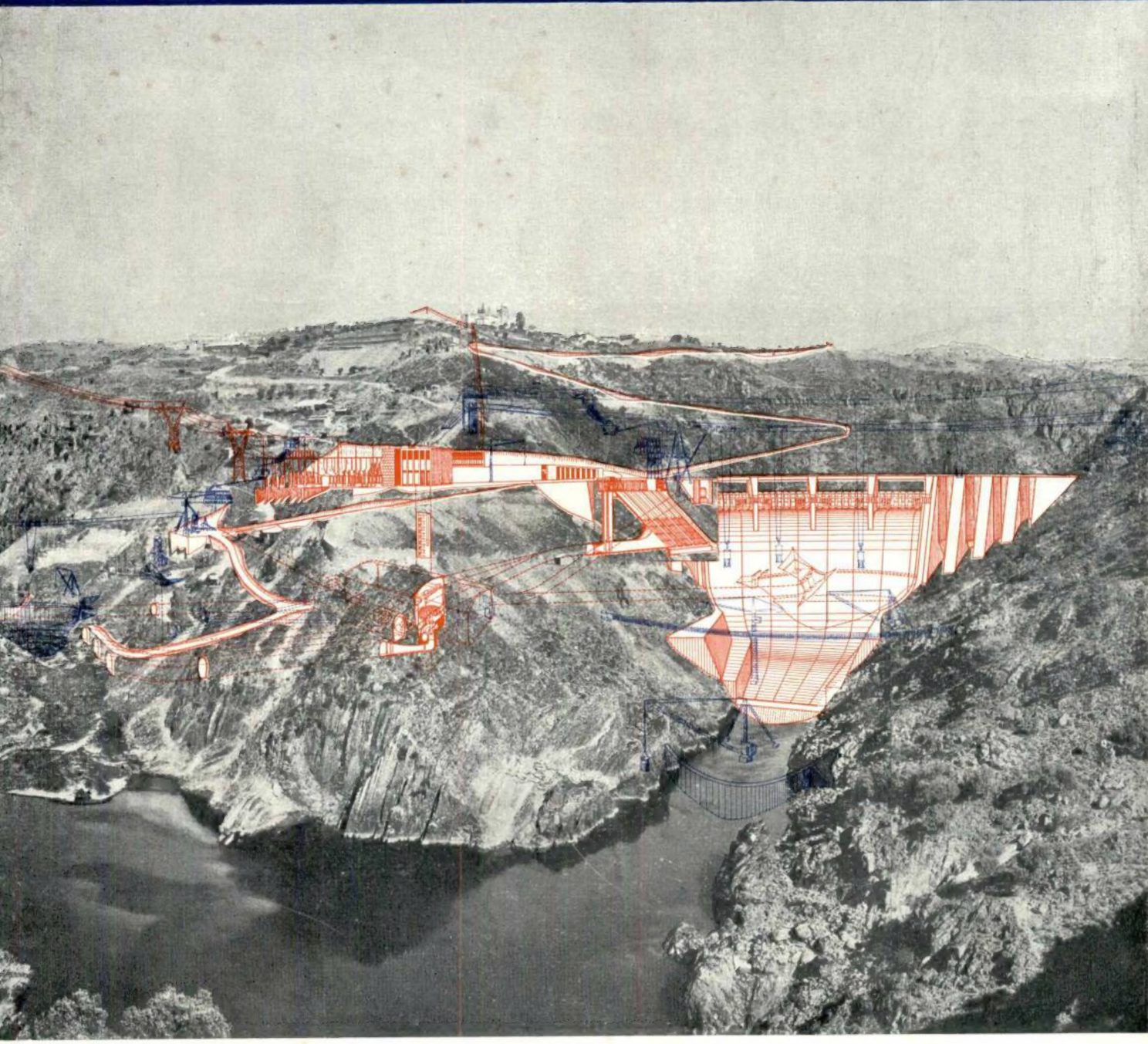
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I. S. T.

N.º 283-JUNHO-1958

CIMENTO SECIL

O CIMENTO PARA OBRAS DE GRANDE RESPONSABILIDADE

4 fornos rotativos — 300.000 toneladas anuais

Fábrica no Outão — Setúbal

Lisboa — Rua do Comércio, 56-3.º

Desde o Distrito de **VIANA DO CASTELO** ao de **LEIRIA** e nos Distritos de **SETÚBAL** e **EVORA** as

FÁBRICAS
CIDADES
VILAS e
ALDEIAS portuguesas

são abastecidas de

ELECTRICIDADE

para

FORÇA MOTRIZ E TODOS OS USOS INDUSTRIAIS, LUZ, ETC., a TARIFAS MUITO VANTAJOSAS e com as **maiores facilidades**,

pela

UNIÃO ELECTRICA PORTUGUESA

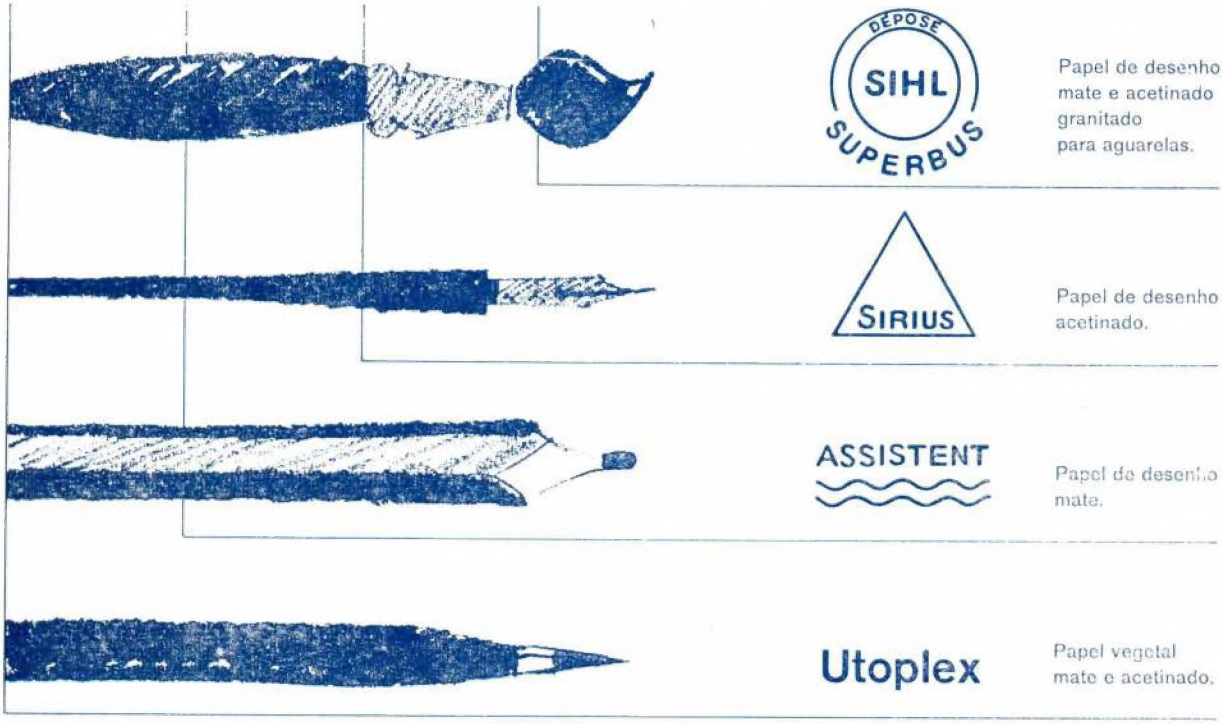
e produzidas nas CENTRAIS:

Thérmica do FREIXO	22.000 CV
Hidráulica do LINDOSO...	100.000 CV
Thérmica da CACHOFARRA...	14.000 CV

Os Escritórios da UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA são:

NO PORTO Rua Duque de Loulé, 148
EM LISBOA Rua Rosa Araújo, 35

4 papeis suiços de alta qualidade, para todas as necessidades técnicas



Exija expressamente Papel Sihl
Papeteries Zuricoises sur Sihl Zurich

Venda em Portugal: NUCLEON Equipamentos de Precisão, Lda.
Av. António Augusto de Aguiar, 165, Lisboa

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXII - N.º 283 Junho de 1958

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR

CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA

ADMINISTRADOR

RICARDO MANUEL SIMÕES BAYÃO HORTA

SECRETÁRIO

ALEXANDRE CERVEIRA

REDACTORES

ARTUR BAPTISTA
JOÃO MARTINS DE CARVALHO
JOÃO ULRICH
JORGE FONTAINHAS
LUÍS AIRES BARROS

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	60$00	110$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO

ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

COMPOSTO E IMPRESSO NA

Tip. JORGE FERNANDES, L.DA

RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Aproveitamento hidroeléctrico do Douro Internacional. Escalão de Miranda.

Págs.

Preparação escolar e actividade profissional
Pelo Eng.º Luís A. de Almeida Alves 639

Obras submersas para a concentração e dispersão da energia das ondas do mar
Pelos Eng.os Fernando Vasco Costa e José Fiuza Perestrelo 643

A energia de fragmentação
Pelo Eng.º José Quintino Rogado 653

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** 656

Os betões da barragem de Picote
Pelo Eng.º Luís Moreira Lobo 657

Sobre o cálculo de condutas a vapor para altas pressões e temperaturas
Por F. J. Frazão Sardinha 667

Pozolanas, betões com pozolanas e cimentos pozolânicos
Pelo Eng.º A. de Sousa Coutinho 685

Conclusões do II Congresso dos Economistas Portugueses e do II Congresso da Indústria Portuguesa . . . 707

Biblioteca 711

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A

Pág.

Agência Geral de Material Eléctrico, Ltd.ª VII
Amadeu Gaudêncio XXXVIII
António Baró XLIII
António Pacheco Agostinho XXXII
Atlantic — Fábrica Lusitana de Tintas e Vernizes, Limitada XLII
Azevedo & Pessi, Ltd.ª II

B

Bouhon & Irmão, Ltd.ª XLIII

C

Centrozap XXXV
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . IV
Companhia «Cimento Tejo» XIV
Companhia Portuguesa dos Petróleos BP XXII
Companhia União Fabril XVIII
Construções Técnicas, Ltd.ª XI
C. Santos, Ltd.ª . . . . . VIII e XLIV

E

Electro-Arco, Ltd.ª XL
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª XIX
Empresa Electro Cerâmica IV
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos X
Eng.º Augusto Cavaco XL

F

Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, Ltd.ª XXXIX
Fábrica Portugal XIII
Facto, Lda. XX
Fanafel XXXIV

G

General Electric Portuguesa XXIV

H

Harker Sumner & C.ª, Ld.ª XLIII
Henriques & Castro, Ltd.ª XI
H. Vaultier XXXII

I

INEL XXVII
IST XXXIV

J

Jayme da Costa, Lda. XXIX

L

Pág.

Leacock (Lisboa), Ltd.ª XV
Lusinstal XL

M

Mabor XLV
MAN XXXI
Máquinas de Precisão, Ltd.ª XLVI
Monteiro Gomes, Ltd.ª XII

N

Nikex XXXIII
Nordberg XXXVII
Nucleon . . . . . 2.ª da capa

P

Papelaria Fernandes XXI
P. Bellasi XVI
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

R

Rolim Comercial XXIV

S

Santos Mendonça, Lda. XLVII
S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da XVII
Shell XXV
SMEIA VI
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade de Electricidade Brown Boveri . . . . . 4.ª da capa
Sociedade Electrom XLV
Sociedade Fabril de Matérias Plásticas XXVI
Sociedade Portuguesa Cavan II
Sociedade Técnica de Hidráulica . . XXXVI
SOMEC XIV
Socotel V
Sofai XLVI
SONAP XXX
Sondagens Ródio, Ltd.ª XLIII
SOPECATE XLV
Standard Eléctrica IX

T

The Engineering Company of Portugal, Ltd. XXVIII
Tintas Valentine XLI

U

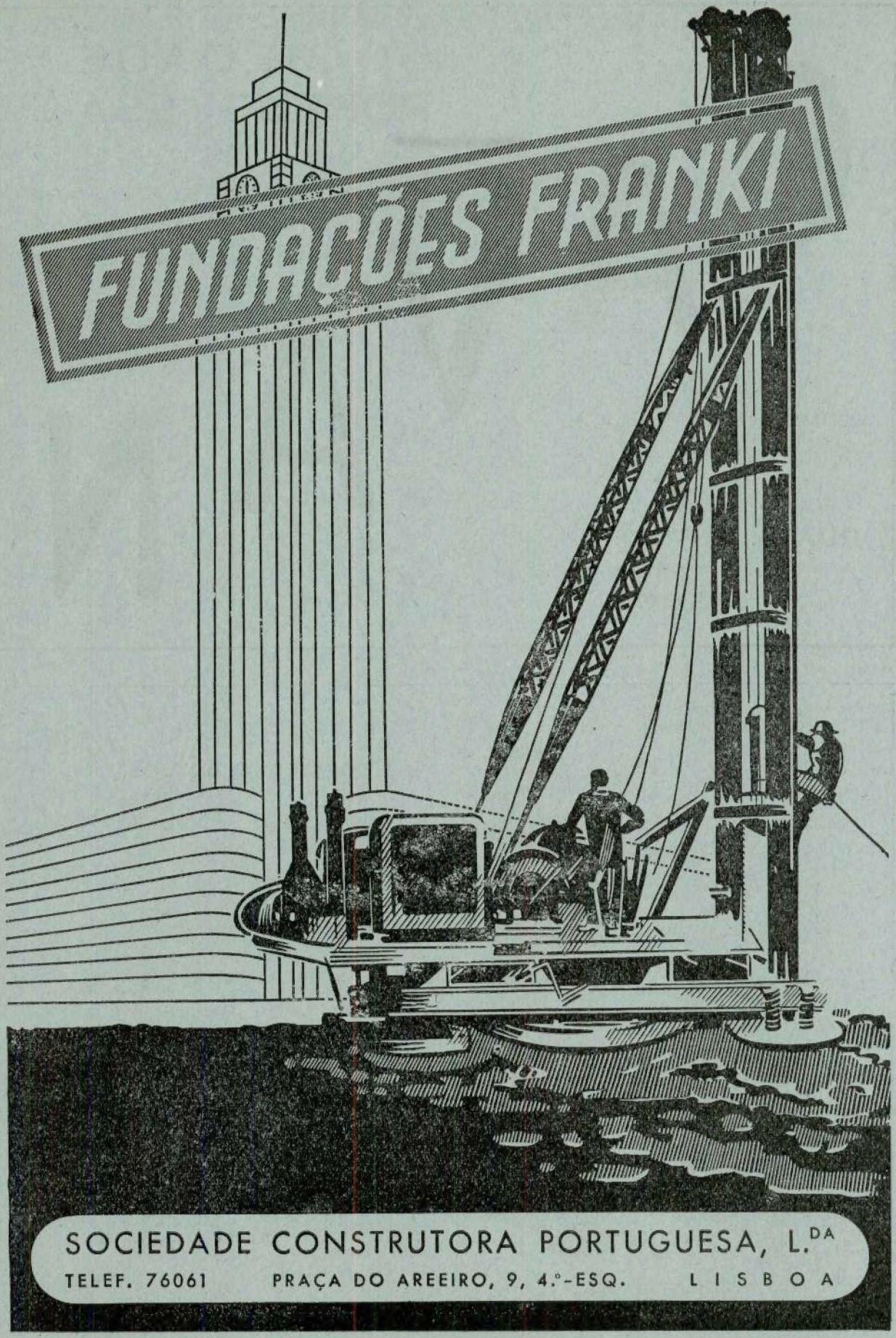
União Eléctrica Portuguesa . . . . . 2.ª da capa

V

Vasco Pessoa, Lda. XXXII
Vitrofib XXXIV

W

Wild Portugal, Lda. XXIII


FUNDAÇÕES FRANKI
SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA
TELEF. 76061
PRAÇA DO AREEIRO, 9, 4.º-ESQ.
LISBOA

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

✸

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS

MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

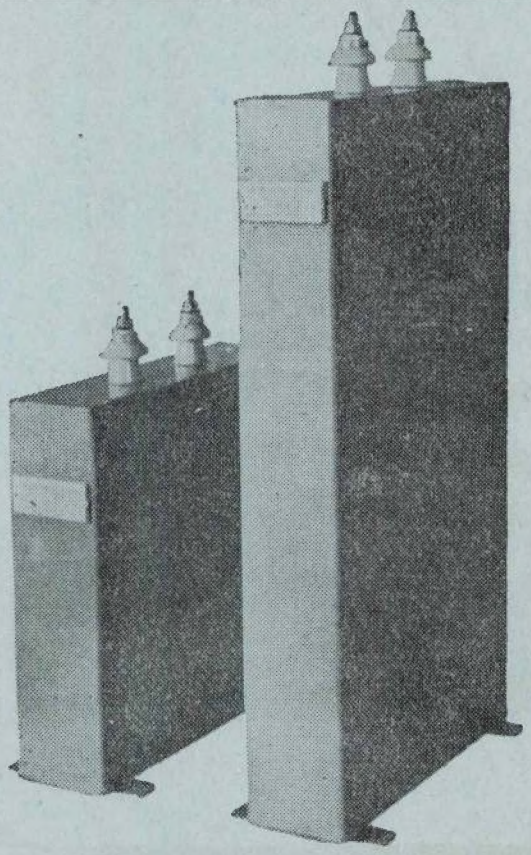
MANILHAS PARA ESGOTOS

✸

RUA D. ESTEFÂNIA, 42

TELEF. 47812-50129

LISBOA



CORRECÇÃO DO COS φ

COM

CONDENSADORES

HAEFELY

PARA ENTREGA IMEDIATA

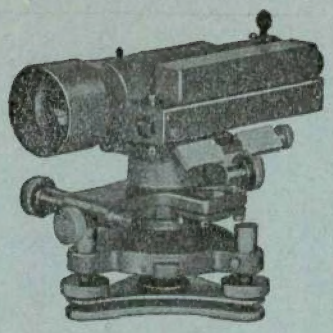
REPRESENTANTES

AZEVEDO & PESSI, L.DA

RUA NOVA DO ALMADA, 46-1.º — LISBOA

Telef.: 2 44 95 — 2 98 79 — 2 03 54

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

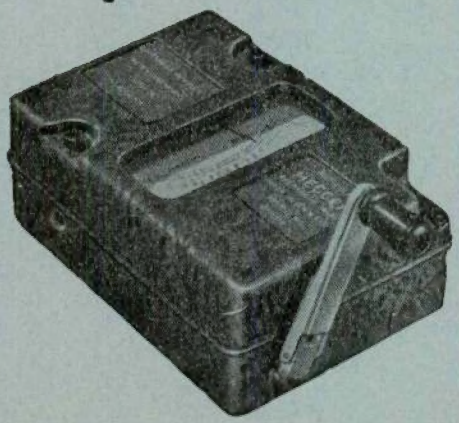


GRANDE SORTIDO
DE INSTRUMENTOS DE
PRECISÃO, CIENTÍFICOS
E INDUSTRIAIS

PARA

- ENGENHEIROS
- ARQUITECTOS
- CONSTRUTORES
- TOPÓGRAFOS
- DESENHADORES
- LABORATÓRIOS
- ESCOLAS
- OFICINAS

RUA DAS PORTAS DE SANTO ANTÃO, 75
LISBOA
TELEF.: 24314 • TELEG.: TECNA



O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA — S. A. R. L.

Candal — Gaia

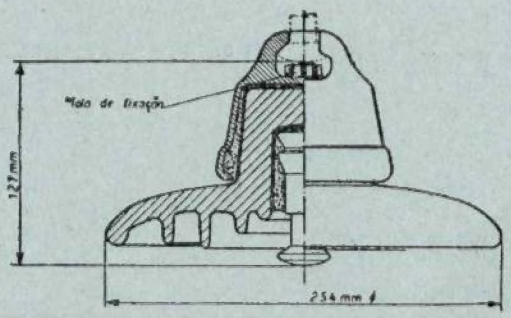
ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos

Peso aproximado: 4,3 kg cada elemento



Materiais

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

Sede — Largo Barão de Quintela, 3 — LISBOA

Equipamentos para Centrais Hidroeléctricas

DE ROLL

Société des Usines de Louis de Roll S.A.
Fábricas em Gerlafingen, Klus, Choindez, Rondez, Olten, Berne (Suiça)

Representantes em Portugal:
Socotel, Lda. Rua Sá da Bandeira, 651-4°. Esq.
Porto — Telef. 27013

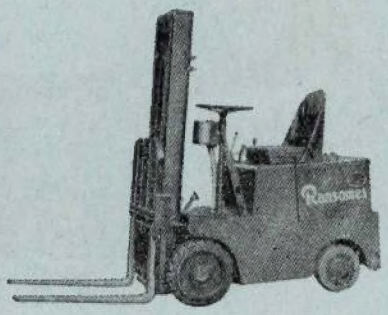
Instalações completas para barragens; guindastes, guinchos e pontes rolantes; máquinas para limpesa das grades de retenção; comportas de todos os tipos; órgãos de obturação para condutas forçadas: válvulas esféricas com comando por êmbolos giratórios, válvulas-borboleta, válvulas de cunha, válvulas de gaveta anular para regulação de caudais, válvulas automáticas de segurança em caso de ruptura das condutas, válvulas de descarga de fundo; funiculares e teleféricos para o transporte de pessoas e mercadorias; máquinas de estaleiro para a construção de barragens: transportadores, britadores, crivos seleccionadores vibradores, lavadores; betoneiras; projecto de instalações completas de transporte, britagem, crivagem e lavagem.

EMPILHADORES DE GARFO

Ransomes

com motor eléctrico

PARA CARGAS DE **450** A **2.500** Kg.



Peça informações e uma demonstração ao agente exclusivo

SMEIA

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA

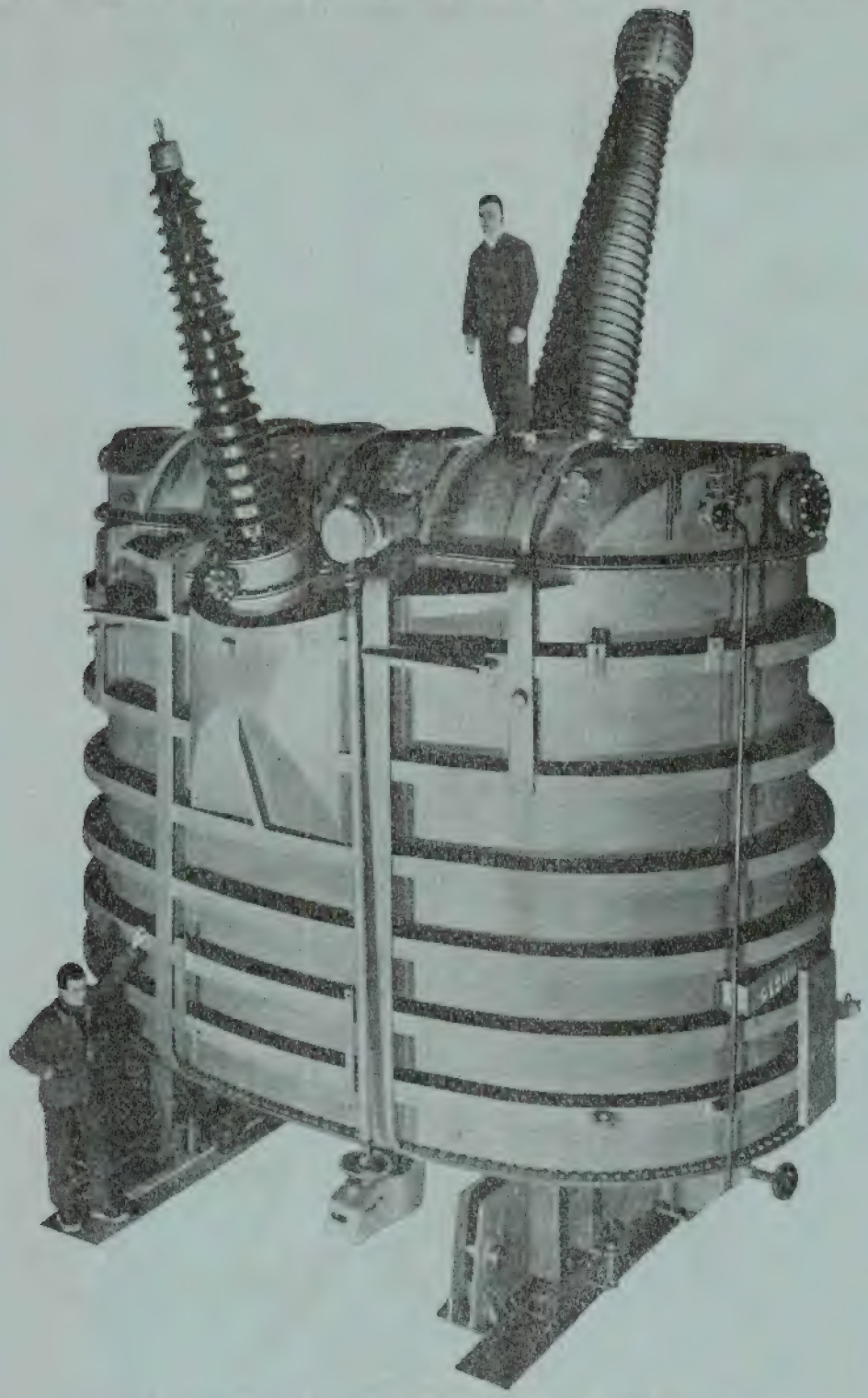
S. A. R. L.

Avenida P. Manuel da Nóbrega, 8-B ✦ Telef. 72 40 53-4-5 ✦ LISBOA

AGENTES EM: ALCÁCER DO SAL — BEJA — LEIRIA — SANTARÉM E PORTO

SAVOISIENNE

Ateliers de Construction de Transformateurs de la Compagnie Générale d'Electricité de Paris



TRANSFORMADORES DE TODAS AS POTÊNCIAS

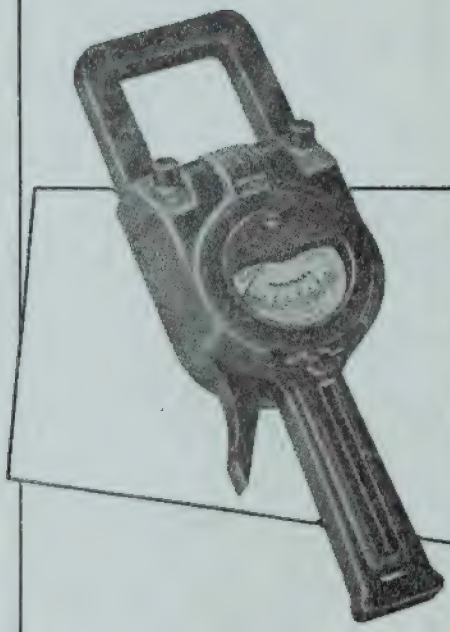
Referências em Portugal : COMPANHIA NACIONAL DE ELECTRICIDADE
UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA

DELEGADOS

AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, L.DA

Rua dos Industriais, 4-1.º (às Côrtes) LISBOA Telefs. 66 06 92 / 66 60 82 / 66 06 04

PINÇAS FERRANTI



PINÇAS VOLT—AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 – 10 AMPS.	0 – 150 V
0 – 25 »	0 – 600 »
0 – 100 »	
0 – 250 »	
0 – 1000 »	

PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

0 – 3 KW
0 – 6 »
0 – 12 »
0 – 30 »
0 – 60 »
0 – 120 »
0 – 300 »

REPRESENTANTES:

C. SANTOS LDA.

29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA
T. DA GLÓRIA, 17—LISBOA
160, R. STA. CATARINA, 168—PORTO

Standard Electrica S.A.R.L.

Associada da

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORPORATION

DE NOVA YORK

TELECOMUNICAÇÕES

ELECTRÓNICA

AV. DA INDIA — LISBOA

RADIOCOMUNICAÇÕES, ELECTRÓNICA, RADIODIFUSÃO E APARELHAGEM INDUSTRIAL

— Emissores, Receptores e Transceptores de todos os tipos, para HF e VHF
— Emissores e Equipamento de Estúdio para Televisão e Radiodifusão Sonora
— Sistemas de feixes hertzianos
— Televisão em circuito fechado, para todas as aplicações
— Aparelhagem de radar para navegação, previsão de tempo, aeroportos, fins militares, etc.
— Rádio-ajudas para navegação aérea e marítima
— Microscópios electrónicos e outros instrumentos científicos
— Lâmpadas electrónicas para todas as aplicações
— Aparelhagem de medida para Rádio e Electrónica
— Teleimpressores e equipamento acessório
— Instalações de som de todas as potências e tipos
— Cinema Sonoro de 35 mm e 16 mm
— Equipamento automático para verificação de bebidas
— Grupos moto-geradores
— Rádio-receptores, televisores e aparelhagem electro-doméstica
— Discos e fitas magnéticas virgens e gravados em alta fidelidade.

Estudos, Projectos, Propostas, Fornecimentos e Assistência Técnica

Agência Geral em Portugal

EMPRESA TÉCNICA EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS, S. A. R. L.

LISBOA
Rua Rodrigo da Fonseca, 103
Telef. 680130/5

PORTO
Rua dos Clérigos, 64-2.º
Telef. 24819

PISCINA DO HOTEL ATLÂNTICO
ESTORIL

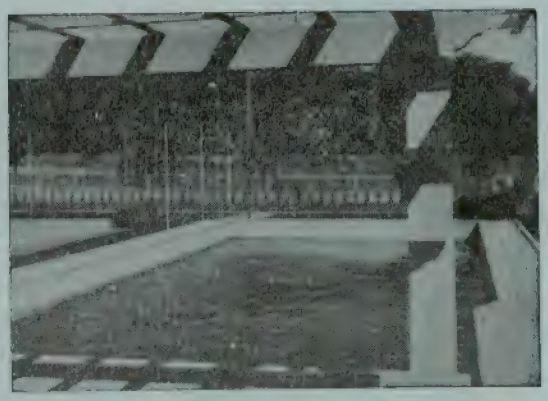
PETRIFICANTE E HIDRÓFUGO

À BASE DE CIMENTO

CEMPEXO

PINTURAS

PISCINA EM CARCAVELOS



DISTRIBUIDORES EM PORTUGAL

HENRIQUES & CASTRO, Lda.

AVENIDA CONDE DE VALBOM, 96 LISBOA

TELEF. 775057-775058

Máquina "BENOTO" executando estacas de 1 m de diâmetro e 60 m de comprimento, nas fundações do viaduto de Sacavém, na auto-estrada do Vale do Tejo

Construções Técnicas, L.da

Praça do Município, 13, 3.º
LISBOA — Telefones 22344
27809

Fundações

Construções Civis e Industriais

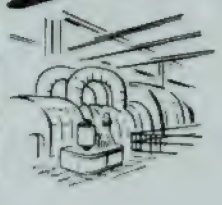
Betão Armado e Betão Pré-esforçado

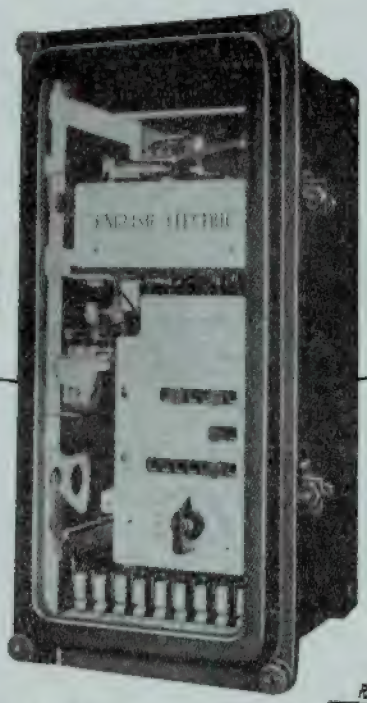
Obras Públicas

Concessionária do sistema de moldes deslizantes «PROMETO» e do sistema para execução de estacas de grande diâmetro «BENOTO»

Produtor ao Consumidor

INSTRUMENTOS
INDICADORES





RELÉS DE PROTECÇÃO
E AUXILIARES

CONTADORES
PARA TODOS OS USOS

'ENGLISH ELECTRIC'

contadores, relés e instrumentos

THE ENGLISH ELECTRIC COMPANY LIMITED, QUEENS HOUSE, KINGSWAY, LONDON, W.C.2

REPRESENTANTES:

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

Fábrica Portugal

S. A. R. L.

LISBOA

MOBILIÁRIO METÁLICO

EM TODOS OS GÉNEROS

Instalações completas para :

Mobiliário moderno
para

ESCRITÓRIOS
ESCOLAS
BIBLIOTECAS

CLINICAS
HOSPITAIS
SANATÓRIOS
CINEMAS
HOTÉIS
ESPLANADAS

SALAS DE EXPOSIÇÕES :

Rua Febo Moniz, 2 a 20 — Praça dos Restauradores, 49 a 57
Avenidas da República e Elias Garcia — Rua da Graça, 82 e 84

Sociedade Metropolitana e Colonial de Construções, L.da

SOMEC

R. Andrade Corvo, 29, 1.º — Lisboa Telefone 59169/70

Sondagens
Fundações
Betão armado
Trabalhos marítimos
Túneis

no Continente e Ultramar

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

Fábrica com quatro linhas de fabrico

sendo uma delas das mais modernas da Europa

Para obras hidráulicas e de responsabilidade preferir o

CIMENTO TEJO

Companhia «Cimento Tejo»

Rua da Vitória, 88-2.º — Telef. 28953 — LISBOA

LEACOCK (LISBOA). L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.

Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.

Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

J. A. CRABTREE & CO. LTD.

Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.

Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.

Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.

Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT

Contadores de água, de vapor e de óleo.

Tubos Venturi

Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.

Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.

Luz fluorescente.

Rotor dum alternador de 40.000 kVA
para a Central de Kraftwerk
Handeck II (Suiça)

•

Ateliers de Construction Oerlikon
ZURICH 50 (Suiça)

•

Representante para Portugal e Ultramar:

P. BELLASI
R. Sá da Bandeira, 494, 3.º, Esq.
PORTO

TÉCNICA

DIRECTOR: CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA
ADMINISTRADOR: RICARDO MANUEL SIMÕES BAYÃO HORTA
SECRETÁRIO: ALEXANDRE CERVEIRA

Ano XXXIII - N.º 283 Junho de 1958

C. D. U. 374.6 : 378.962

PREPARAÇÃO ESCOLAR E ACTIVIDADE PROFISSIONAL

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL LUÍS A. DE ALMEIDA ALVES
Director do I. S. T.

Quando no «II Congresso da Indústria Portuguesa», tive de abordar o tema «A Indústria, a mão de obra e o ensino técnico», insisti de maneira particular no problema crucial do período de transição entre a Escola e a Indústria, do qual depende em grande parte, a eficiência profissional futura.

Para tentarmos encaminhar o problema com a indispensável sequência lógica, temos de aceitar o seguinte postulado de base:

A partir do momento em que um indivíduo se forma, a Escola em que se formou deixa de ter uma influência directa na sua evolução.

Aceite este postulado, surgem imediatamente dois corolários que permitem definir, por forma precisa, os graus de liberdade de actuação dos quadros técnicos das indústrias, em relação ao problema da preparação post-escolar:

1) Se se partir da hipótese de que a preparação escolar é a mais conveniente, a função dos quadros técnicos da Indústria resume-se a aproveitar com um rendimento máximo os resultados dessa preparação.

2) Se se partir da hipótese contrária, poder-se-á encarar inclusivamente a possibilidade de analisar em pormenor os moldes em que a preparação escolar é estruturada.

Qualquer que seja porém, o grau em que este segundo corolário possa intervir, o primeiro pode ser sempre considerado de maneira independente, pelo que o problema do «aproveitamento máximo da preparação escolar» aparece como tendo uma individualidade própria.

Analisemos então o que se passa com um engenheiro recentemente formado e que ingressa na Indústria.

De um modo geral, pode dizer-se que as suas características fundamentais são as seguintes:

1) Falta de experiência industrial.
2) Preparação teórica relativamente actualizada.
3) Confiança exagerada nessa preparação teórica.

Tomando estas características como base de partida, pode concluir-se que a formação post-escolar deverá incidir sobre os seguintes pontos:

1) Criação progressiva da experiência industrial.
2) Utilização eficiente da preparação teórica adquirida.
3) Consciência das limitações práticas do emprego da teoria.

A evolução profissional no sentido destes três pontos simultâneamente, constitui um problema excepcionalmente complexo, dadas as implicações intrínsecas e de enquadramento sob as quais tem de ser equacionado.

* * *

A importância da experiência na vida profissional já foi analisada noutro artigo (1) do qual se transcreve o seguinte:

. . . . . .

«A experiência aparece assim como uma condição complementar da formação profissional sem a qual ela fica necessàriamente incompleta e possivelmente deformada, porque na realidade, não basta saber raciocinar com números mesmo que eles sejam o produto de uma formação teórica sólida; é necessário também que esses números se ajustem às condições da prática, criando insensivelmente um sentimento de confiança nos resultados dos cálculos de aplicação.

. . . . . .

Em todo o caso, o valor correctivo da experiência não deve ser considerado como apriorístico, a não ser em trabalhos repetidos cujos resultados são imediatamente comparáveis entre si. O progresso da Engenharia reside na audácia das soluções novas, com o maior número possível de graus de liberdade nas quais a experiência intervém apenas como elemento de apreciação equilibrada, nos resultados finais. E quando se passa ao campo da investigação aplicada, são já só as criações do espírito, completadas por uma experimentação sistemática e conclusiva, que constituem o processo normal, no domínio das realizações.

. . . . . .

De qualquer modo porém, não se pode perder de vista que a experiência se vai tornando cada vez mais dependente dos conhecimentos teóricos, desaparecendo o seu significado quando isoladamente. Aliás, o progresso baseado apenas na experiência, é necessàriamente lento e não se ajusta ao ritmo forçado da evolução actual. Por outro lado ainda, as condições de produção, de riqueza das matérias-primas e de exploração industrial variam de tal maneira através dos anos, que a experiência se vai desactualizando ràpidamente, se não conservar um contacto contínuo com os problemas em que tem de intervir.»

. . . . . .

A aquisição da experiência aparece-nos assim como um fenómeno típico, no qual a realidade tem de ser analisada através do «prisma» da preparação teórica e a preparação teórica tem de ser «filtrada» através do contacto com a realidade; mas de qualquer modo, o fenómeno em si, é fundamentalmente um processo de interpretação nos dois sentidos.

Acontece porém, que as Escolas de Engenharia, na sua preocupação de actualização permanente do ensino, vão aperfeiçoando de maneira progressiva, os princípios básicos em que assenta a formação técnica e por isso, o nível da preparação vai sendo concomitantemente alterado; por outro lado, o engenheiro recentemente formado que ingressa numa empresa industrial gosta de «fazer vista» com a preparação que recebeu, até que mais não seja senão para valorizar a sua posição.

Não se pode esquecer todavia, que esta propensão para «exibir ciência» nem sempre se circunscreve aos campos de aplicação de utilidade directa e por isso, pode correr-se o risco de transformar uma atitude que é benéfica em si, numa aparência mais ou menos fundamentada de que os recém-formados são pessoas «cheias de peneiras».

Esta situação «de facto» conduz a um problema de uma certa delicadeza que consiste em definir qual o controle que a hierarquia técnica deve exercer sobre essa tendência natural a fim de evitar, por um lado, os erros por falta de experiência se o controle for pouco efectivo, e por outro lado, a diminuição do espírito de iniciativa, se for muito apertado.

Aliás, o problema tem consequências indirectas que interessa analisar em pormenor.

---

(1) «O Valor da Experiência na Formação Profissional», «Técnica», Março de 1954, pág. 315.

* * *

Para procurarmos uma base de raciocínio, podemos lançar mão da seguinte afirmação, que ainda há pouco tempo (1) foi expressa:

«O universitário é uma peça cara da estrutura social e por isso, tem de actuar nas condições de trabalho para as quais a sua preparação foi especialmente prevista».

Mas sendo assim, pode estabelecer-se o seguinte corolário imediato:

O rendimento máximo do universitário obtém-se quando as condições de trabalho favorecem a aplicação da preparação escolar que recebeu.

Por outras palavras, o enquadramento do universitário dentro de uma organização industrial deve ser feito de modo tal que a sua actividade possa ter uma utilidade directa desde o primeiro dia.

É evidente porém, que a adaptação dos conhecimentos adquiridos à realidade prática, não é um problema simples nem imediato e por isso, não se pode prescindir, sob um ponto de vista de eficiência, da ajuda e dos conselhos dos colegas mais sabedores e mais experientes.

Consideremos por exemplo, um engenheiro-químico cujo primeiro trabalho na Indústria fosse o de estudar as condições teóricas de funcionamento de uma instalação de controle automático. Para isso, teria de lançar mão dos seus conhecimentos sobre «funções de transferência», «coeficientes de ganho» e «tipos de resposta» dos «controllers».

Mas para que o seu estudo fosse eficiente teria de estabelecer uma correlação íntima entre a sua preparação teórica e as rotinas existentes na fábrica para o funcionamento da aparelhagem, o que seria naturalmente muito difícil sem o apoio dos especialistas de controle.

Pode mesmo dizer-se que, se prescindisse desse apoio, ele correria o risco de não levar o estudo a bom termo e não poderia subtrair-se a ser dominado por um certo complexo de inferioridade, em relação à sua capacidade de domínio integral dos problemas. Esse complexo de inferioridade poderia traduzir-se em duas consequências igualmente nocivas:

1) Perda de confiança no interesse prático da preparação escolar.

2) Perda de confiança nas suas qualidades de adaptação à vida industrial.

Em qualquer das hipóteses, gera-se um sentimento de dúvida que pode ser responsável por um amolecimento do espírito criador que deve constituir a característica predominante da preparação universitária.

Este espírito criador representa um dos factores que contribuem para a valorização intrínseca do indivíduo dentro da profissão e manifesta-se pela contribuição que pode dar ao aperfeiçoamento de técnicas, ao emprego de novos métodos e à investigação orientada em profundidade.

Há que notar contudo que toda a contribuição dada ao progresso científico-técnico deve ficar registada e ser divulgada por intermédio das revistas técnicas, excepto evidentemente no caso em que ela constitua segredo das empresas ou em que por qualquer outra razão, não deve sair de um âmbito restrito.

Este problema da publicação de artigos tem um alcance apreciável na formação profissional, porque conduz aos seguintes dois resultados fundamentais:

1) Ajuda a vencer o complexo de inferioridade proveniente das dificuldades de conseguir uma unidade teórico — prática de actuação.

2) Faz criar o hábito da possibilidade de crítica pública, o que se vai reflectir favoràvelmente na aquisição de uma segurança progressiva, na discussão dos problemas.

Apenas há que ter em atenção que o tempo gasto na preparação dos artigos não venha prejudicar o rendimento da actividade profissional.

* * *

Nas considerações anteriores, há um ponto até certo ponto vulnerável e sobre o qual convém fixar a atenção e que é o de saber se os artigos publicados nos primeiros anos da vida profissional terão na realidade interesse científico ou técnico.

---

(1) «A Especialização e o Progresso», «Técnica», Janeiro de 1958, pág. 229.

Analisemo-lo portanto com o máximo de objectividade.

É evidente que a publicação de artigos nas revistas representa uma das formas da actividade científica e técnica das nações e por isso constitui um aspecto que não pode deixar de ser tomado em consideração.

Mas não se pode esquecer que no estado presente de desenvolvimento da Ciência e da Técnica, um artigo só pode trazer novidades na medida em que incidir sobre domínios do pensamento não totalmente explorados, ou o que é o mesmo, no âmbito duma especialização muito apertada.

Acontece ainda que diversificação progressiva dos campos de actividade da Ciência e da Técnica multiplica o número de pessoas que a eles tem de estar adstritos e esse objectivo só é possível de conseguir pela utilização em larga escala de indivíduos recentemente formados que vão ser na realidade, os responsáveis pelos pormenores dos trabalhos de progresso em que estão enquadrados. Os indivíduos com mais experiência têm evidentemente uma função de orientação, coordenação e de interpretação, mas não são susceptíveis, por eles próprios, de executar os trabalhos no seu conjunto, a não ser que se dispersem pelos pormenores, falseando então, a sua missão específica dentro da articulação mais complexa que lhes corresponde, na hierarquia científica ou técnica a que pertencem.

Chega-se assim a uma conclusão que, embora ilógica intrìnsecamente, tem de ser aceite com todo o realismo:

A literatura técnica tem de ser elaborada em grande parte, com a contribuição de indivíduos recentemente formados, embora convenientemente enquadrados dentro de uma determinada orgânica funcional.

Este panorama da actividade científica e técnica dos tempos modernos confere, pela força das circunstâncias, ao indivíduo recentemente formado uma posição definida na hierarquia técnica mas esse facto, àparte o valor psicológico de constituir um factor de confiança nas suas possibilidades, pode conduzi-lo à ilusão de que a importância que lhe conferem é um bem duradouro, quando efectivamente o não é. Com efeito, essa importância só se mantém enquanto o indivíduo a souber defender, isto é, enquanto lutar pela sua valorização profissional.

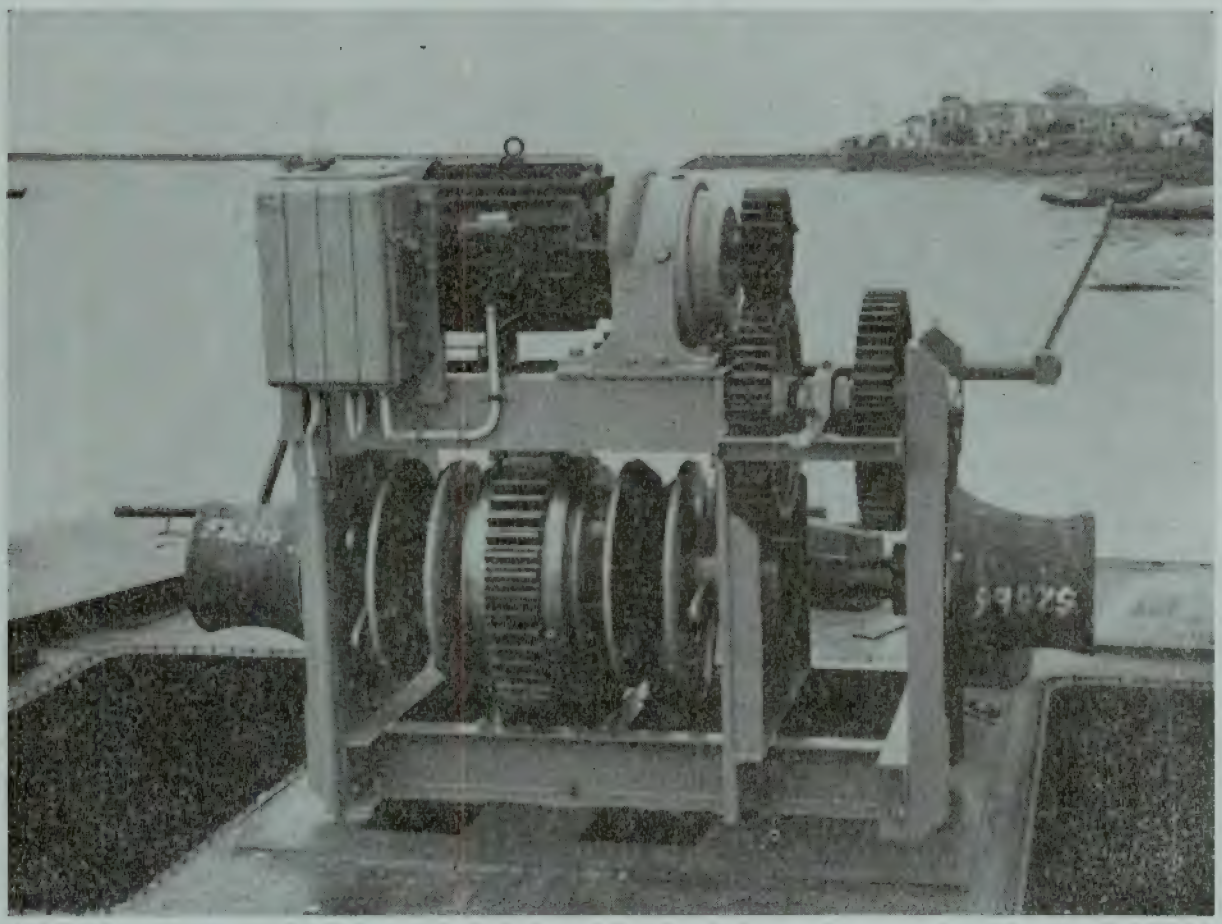
É claro que a publicação de artigos numa revista técnica que tem uma relativa expansão ao nível nacional, ou mesmo internacional, pode ser acompanhada de um certo sentimento de vaidade por parte do seu autor; mas isso, não é o problema que está em causa.

A Ciência e a Técnica são construídas à custa de esforço, de dedicação e de sacrifício e por isso, parece ser legítima e satisfação de «criar qualquer coisa de novo» e de divulgar os resultados conseguidos. Mas, para além deste aspecto emocional e restrito, é do entusiasmo individual que resulta a força impulsionadora do progresso, com as suas consequências mais ou menos directas, na economia das empresas e nos seus reflexos de ordem social.

MAGUE

S. E. MONIZ DA MAIA & VAZ GUEDES, L.DA

Alverca—Portugal



Molinete eléctrico para manobra de duas âncoras de 600 kg

Instalado num batelão suporte de grua flutuante

PROJECTO E FABRICO DE

PONTES ROLANTES

GUINDASTES

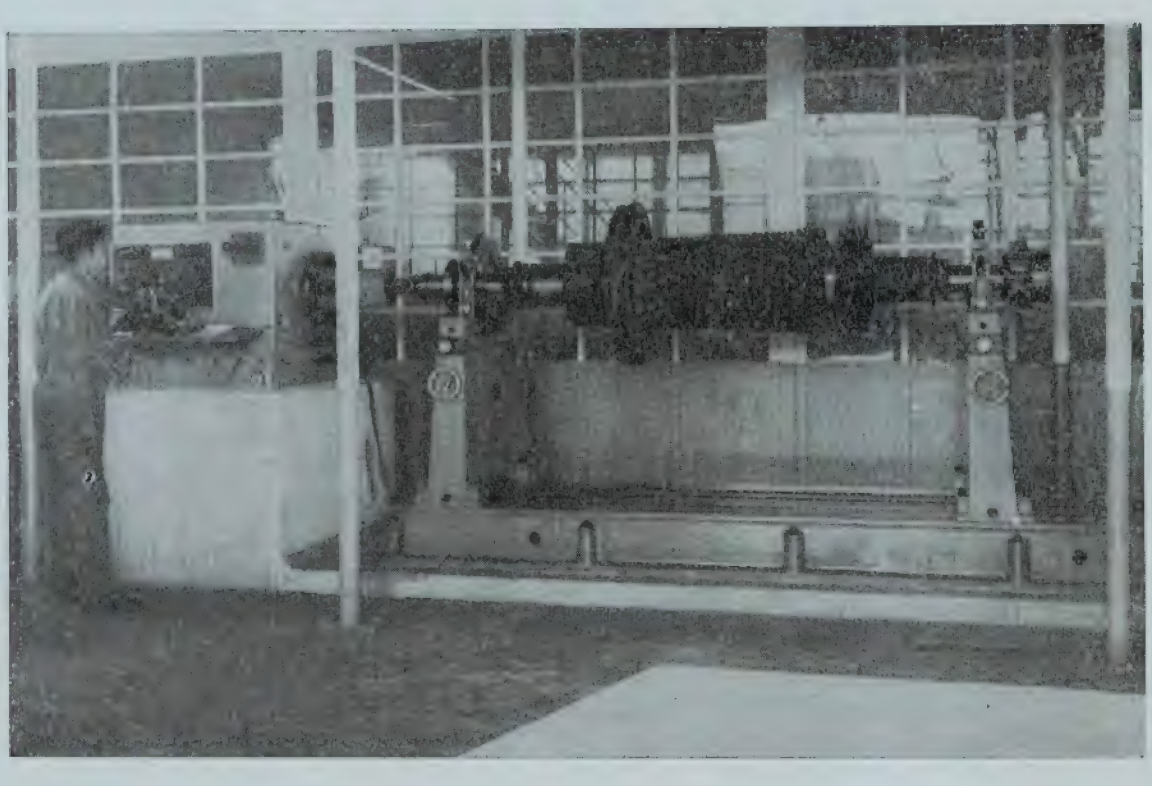
GRUAS, DERRICKS E GUINCHOS

APARELHOS DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS

CONSTRUÇÕES METÁLICAS PESADAS

A COMPANHIA UNIÃO FABRIL

põe à disposição dos seus clientes no Estaleiro Naval:



— Uma oficina de Ensaios e Reparação Diesel

— Uma máquina electrodinâmica de equilibragem para rotores de 30 a 3000 Kgs. — 2 M. de diâmetro máximo — 3,420 m. entre apoios.

ROCHA DO CONDE DE ÓBIDOS

LISBOA

Telef. 66 21 48

C. D. U. 627.23/627.6

Obras submersas para a concentração e dispersão da energia das ondas do mar

PELO ENG.º FERNANDO VASCO COSTA
Assistente no Instituto Superior Técnico

PELO ENG.º JOSÉ FIUZA PERESTRELO
Administração-Geral do Porto de Lisboa

1. — Introdução

Estudos recentes, devidos principalmente a Iribarren e a Gridel, puseram em evidência as afinidades existentes entre as ondas do mar e as ondas luminosas. As ondas do mar propagam-se, com efeito, em conformidade com as mesmas leis que regem a propagação das ondas luminosas, verificando-se também nelas os fenómenos da refracção, difracção, reflexão simples e reflexão total, interferência, etc.

Uma vez reconhecidas tais afinidades, a utilização de conhecimentos da óptica permitiu um progresso muito rápido no estudo da propagação das ondas do mar. Graças a esse progresso é hoje possível, a partir apenas do conhecimento das características das ondas ao largo e do relevo submarino, prever as formas das cristas, as direcções de propagação e as alturas das ondas em qualquer lugar de uma costa ou de um porto.

Nem todas as noções de óptica, no entanto, têm sido utilizadas no estudo das ondas do mar. Encontram-se nestas condições os vastos conhecimentos de que hoje se dispõe sobre prismas e lentes. Tais conhecimentos nunca foram utilizados, que seja do nosso conhecimento, em qualquer tentativa para alterar a direcção de propagação das ondas e assim se conseguir a concentração ou a dispersão da sua energia.

As obras marítimas utilizadas na defesa contra a agitação apenas podem ser comparadas, por esse motivo, a écrans opacos que impedem a propagação da onda. Nalguns casos particulares, o de molhes submersos, as obras podem ser comparadas a écrans translúcidos.

No presente artigo discute-se a possibilidade de construir obras submersas, com a configuração de primas e de lentes, destinadas a afectarem as ondas do mar tal como os prismas e as lentes afectam as ondas luminosas. Espera-se que tais obras, constituidas por valas dragadas ou por maciços submersos de pequena altura, permitam, de forma económica e sem constituirem obstáculo à navegação, abrigar os portos dos efeitos indesejáveis da ondulação, facilitar a defesa das costas e melhorar as condições de aproveitamento da energia das ondas.

2. — Refracção das ondas do mar. Planos de ondulação

Ao passo que as ondas luminosas visíveis, cujos comprimentos variam entre apertados limites, se propagam todas elas com velocidade muito próxima de 300.000 km/seg., as ondas do mar, cujo comprimento pode ir de alguns metros a centenas de metros, propagam-se à superfície da água com velocidades que variam entre afastados limites. Além disso a velocidade de propagação das ondas do mar depende não só do seu comprimento mas também da profundidade da água.

Se designarmos por d a profundidade da água e por C a velocidade com que se desloca a crista de uma onda de comprimento L, poderemos escrever:

$$C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \operatorname{th} \frac{2\pi d}{L}} \qquad (1)$$

Esta expressão é conhecida por fórmula de Airy. Fazendo dela aplicações sucessivas para as diversas profundidades que uma onda encontra ao propagar-se é possível, a partir apenas do conhecimento da posição inicial de uma crista, determinar as sucessivas posições que essa crista irá ocupar ao fim de determinados intervalos de tempo. Aos traçados obtidos desta forma é usual designar por «planos de ondulação». Tais planos, dos quais se apresenta um exemplo na Fig. 1, têm sido largamente utilizados no estudo de obras marítimas.

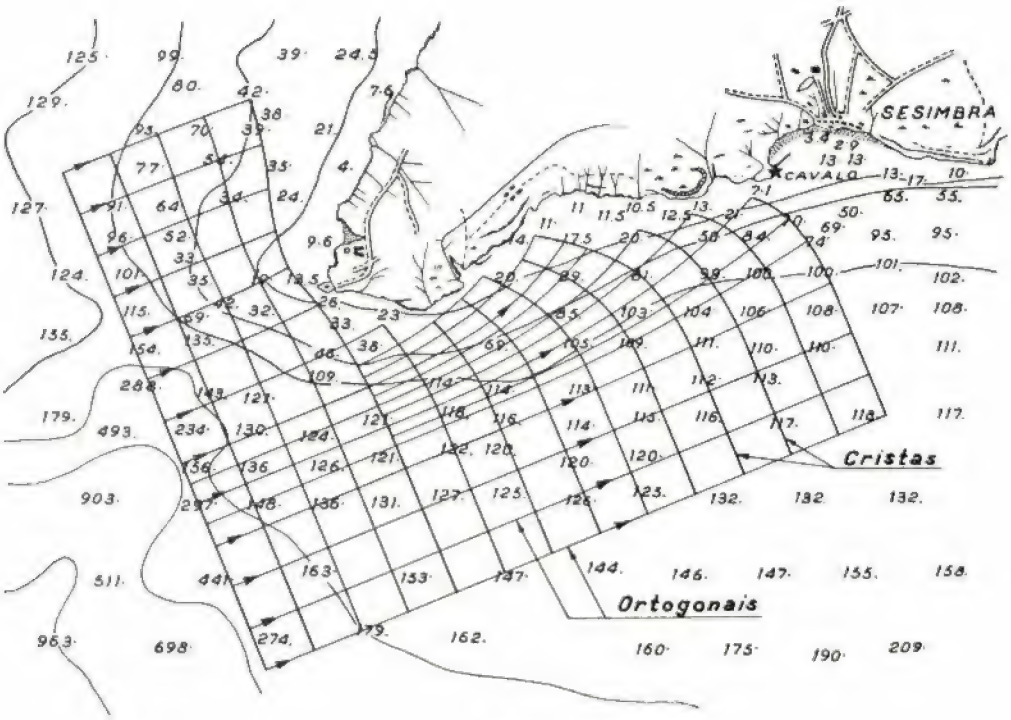


Fig. 1

Designa-se em óptica por refracção o fenómeno da mudança de direcção que sofre um raio luminoso ao passar de um meio para outro onde é diferente a velocidade de propagação. Se no primeiro meio a velocidade de propagação for C_1, e no segundo C_2, os ângulos que os raios incidente e refracto fazem com a normal à superfície de contacto (Fig. 2) encontram-se relacionados, de acordo com a lei de Descartes, pela expressão:

$$\frac{\text{sen } i}{C_1} = \frac{\text{sen } r}{C_2} \qquad (2)$$

Esta expressão é também conhecida por lei de Snell.

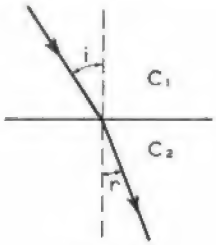


Fig 2

A aplicação desta lei ao caso das ondas do mar presta-se ao traçado de caminhos percorridos por pontos das suas cristas. Tais caminhos são designados por «ortogonais», em virtude de serem normais às cristas em todos os seus pontos. A partir do traçado de ortogonais também se pode desenhar planos de ondulação. Recorre-se em geral ao traçado das ortogonais quando não há particular interesse no conhecimento das formas das cristas.

O traçado de planos de ondulação, quer a partir das cristas, quer das ortogonais, encontra-se muito facilitado por tabelas e cérceas, especialmente preparados para o efeito (Corps of Engineers, 1954).

Se se admitir que não há transporte de energia ao longo das cristas, a altura h da onda num lugar onde o afastamento entre as ortogonais é b pode ser avaliada, a partir do conhecimento da sua altura h_o e do afastamento entre as ortogonais b_o noutro lugar, pela expressão:

$$h = h_o \sqrt{\frac{b_o}{b}} \qquad (3)$$

Verifica-se por esta expressão que quando as ortogonais se aproximam entre si a altura da onda aumenta. É o que sucede sempre que as ondas se propagam sobre fundos com batimétricas convexas. Pelo contrário, a altura da onda diminue

sempre que as ortogonais se afastam entre si, como sucede quando as batimétricas são côncavas.

Em vez da expressão (3) podem ser utilizadas outras expressões mais complexas que, tomando em consideração a influência do comprimento da onda e a profundidade da água, permitem a avaliação da altura da onda com grande precisão. (ver Corp. of Eng. 1954, pág. 29).

Foi a disposição da batimetria que deu origem a que um molhe em Long Beach, na Califórnia, fosse destruído por ondas que ao largo passavam despercebidas. Essas ondas, que ao largo apresentavam um comprimento de 600 m e apenas 1 m de altura, vieram, por virtude apenas da refracção sofrida ao aproximarem-se da obra, a atingir esta com uma altura superior a 5,0 m. (Beach Erosion Board, 1950).

grande interesse prático, pois permite ajuizar das condições de agitação por detrás de cabos, molhes e quaisquer outros obstáculos naturais ou artificiais.

Na figura 3, preparada a partir de um gráfico publicado pelo Corp. of Eng., representam-se a traço cheio as sucessivas posições que ocupará ao fim de décimos de período a crista de uma onda rectilínea cuja propagação em fundos planos é parcialmente obstruída por um obstáculo vertical paralelo às suas cristas ao largo. Na figura indicam-se também, a tracejado, as alturas da onda correspondente a cada posição da crista. Verifica-se, como era de esperar, que decresce ràpidamente a altura da onda por detrás do obstáculo.

Há estudos, devidos a Penny e Price (1944) e

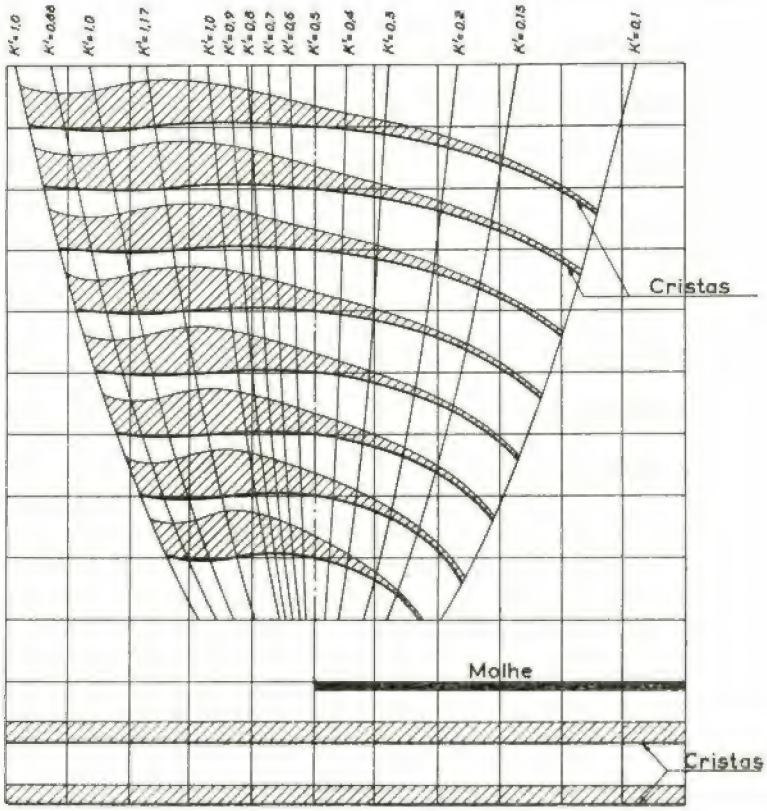


Fig. 3

3. — Difracção das ondas do mar

Nas ondas do mar, tal como nas ondas luminosas, verifica-se o fenómeno da difracção, ou seja a mudança da direcção de propagação junto aos bordos dos obstáculos que impedem a sua propagação. O estudo da difracção apresenta

a Putnan e Arthur (1948), que permitem prever como se dará a difracção por detrás de dois obstáculos que deixem um pequeno intervalo entre si, como é o caso das entradas de portos abrigados por dois molhes.

Os problemas de propagação das ondas são difíceis de tratar analiticamente quando envol-

vem simultâneamente refracção e difracção das ondas. Em tais casos convém recorrer ao emprego de modelos.

4. — Desvio intencional das ortogonais pela execução de obras submersas

Os conhecimentos que acabam de ser sumàriamente expostos têm sido largamente utilizados no estudo das modificações que as ondas sofrem ao propagarem-se sobre fundos de batimetria conhecida.

Graças aos conhecimentos de que hoje se dispõe sobre a propagação da luz, será igualmente fácil, modificando o relevo submarino, pela execução de dragagens ou pela de maciços submersos, afectar as condições de propagação das ondas, de forma a obter-se a concentração ou dispersão da sua energia conforme for julgado para cada caso, mais conveniente.

Como o comprimento das ondas luminosas é extremamente pequeno, da ordem de alguns décimos de micron, pouco se sabe acerca do modo como a sua propagação é afectada por obstáculos com dimensões da mesma ordem de grandeza. Será necessário, por esse motivo, realizar ensaios em laboratórios e na natureza que permitam ajuizar as dimensões mínimas a dar às obras submersas para que elas afectem de forma eficaz a propagação das ondas do mar. Só depois de averiguadas as dimensões mínimas se poderá discutir a viabilidade económica da construção de obras submersas como meio de obter a concentração e a dispersão da energia das ondas. É de esperar que as dimensões, em planta, das obras submersas destinadas ao desvio das ondas, tenham de ser, pelo menos, da ordem de grandeza dos seus comprimentos de onda.

As obras destinadas a desviar as ondas das suas rotas não devem ser confundidas com molhes submersos (tipo Leixões), os quais se destinam a absorver a energia das ondas provocando a sua ruptura total ou parcial sobre a própria obra (ver Johnson 1951). As obras cujo estudo se pretende abordar nos parágrafos seguintes destinam-se, apenas, a afectar as condições de propagação das ondas e, pela aproximação ou afastamento das ortogonais, provocar a concentração ou dispersão da sua energia.

Muito embora não vejamos qualquer razão impeditiva da execução de dragagens ou de obras salientes tendo em planta a configuração de lentes convergentes ou divergentes, e destinadas como estas a concentrar ou dispersar a energia de movimentos ondulatórios, limitar-nos-emos, neste estudo, a discutir a possibilidade de utilização de prismas com o objectivo de afectar a propagação das ondas de modo favorável às obras e à navegação.

5. — Emprego de prismas para o desvio de ortogonais

Como atrás se disse o estudo da propagação das ondas do mar pode ser feito a partir quer de considerações sobre as cristas quer de considerações sobre as ortogonais. Dada a afinidade destas com os raios luminosos, e a conveniência de tratar os problemas das ondas do mar como problemas de óptica, não se utilizará nesta exposição a noção de crista mas apenas a noção de ortogonal.

Consideremos uma ortogonal de uma onda que se propaga em fundo horizontal. Essa ortogonal será uma recta. Se a onda encontrar um obstáculo submerso de forma triangular em planta, cuja face superior se encontre suficientemente mergulhada para não provocar a rebentação da onda, a ortogonal sofrerá um desvio angular do mesmo valor que sofreria um raio luminoso para o qual a relação entre as velocidades de propagação fora e dentro de um prisma fosse igual à relação entre as velocidades de propagação da onda fora e dentro do obstáculo. Poderemos, por isso, avaliar o desvio D da ortogonal a partir do ângulo do prisma A, da velocidade de propagação da onda fora do prisma C_1, e da sua velocidade de propagação dentro do prisma C_2 (Fig. 4).

Tal como na óptica será:

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{\text{sen } i'}{\text{sen } r'} \tag{4}$$

$$A = r + r' \tag{5}$$

O valor do desvio será dado por:

$$D = i + i' - A \tag{6}$$

Este desvio será mínimo para $i = i'$, caso em que

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\text{sen } \dfrac{A + D}{2}}{\text{sen } \dfrac{A}{2}} \tag{7}$$

O desvio máximo corresponderá a:

$$\text{sen } D = \cos (i\text{-}a) \qquad (8)$$

$$\text{sen } i = \text{sen } A \sqrt{\left(\frac{C_1}{C_2}\right)^2 - 1} - \cos A \qquad (9)$$

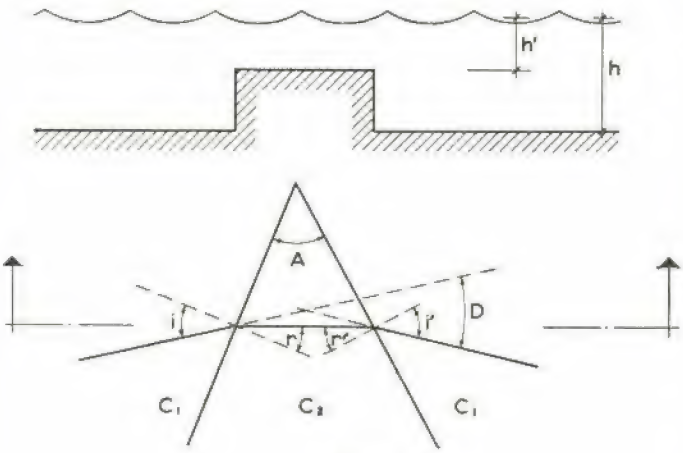


Fig. 4

O desvio máximo dá-se para o ângulo de incidência a partir do qual passa a haver reflexão total. Com efeito, nas ondas do mar, tal como nas ondas luminosas, também se verifica o fenómeno da reflexão total.

Com vista a permitir ajuizar a grandeza do desvio das ortogonais provocado por prismas com diversos ângulos sobre ondas de diferentes comprimentos, elaboraram-se os quadros I e II.

No quadro I indicam-se os desvios máximos e mínimos que podem ser provocados por prismas com 10,0 m de altura em fundos de 25,0 m. Os 15,0 m de altura de água por cima do prisma são mais do que suficientes para permitirem a passagem de qualquer navio, mesmo tendo em conta a presença das ondas.

No quadro II indicam-se os desvios produzidos por prismas com 10,0 m de altura em fundos de 20,0 m, deixando 10,0 m de altura de água para a passagem de navios.

Os quadros permitem verificar que o desvio das ortogonais é tanto maior quanto menor for a altura de água sobre o prisma, maior for o ângulo do prisma e maior o comprimento da onda. Como são justamente as ondas de maior comprimento que maior dano podem causar às obras e à navegação, parece ser esta uma circunstância que valoriza o emprego dos prismas e das lentes como meio de afectar as condições de propagação das ondas.

QUADRO I

Desvios das ortogonais produzidos por um prisma com 10 m de altura em fundos de 25 m de água

Ângulo do prisma	Desvios	Comprimento da onda			
		100 m	200 m	300 m	400 m
10°	mín.	1° 20′	2° 20′	2° 20′	2° 40′
	Máx.	17° 00′	20° 10′	21° 00′	21° 30′
20°	mín.	3° 00′	4° 40′	5° 10′	5° 20′
	Máx.	21° 10′	25° 20′	26° 30′	27° 10′
30°	mín.	4° 00′	7° 10′	7° 40′	8° 00′
	Máx.	23° 40′	28° 40′	30° 00′	30° 50′
40°	mín.	6° 00′	9° 20′	10° 20′	10° 40′
	Máx.	25° 30′	31° 20′	33° 00′	33° 40′
50°	mín.	7° 40′	12° 00′	13° 20′	14° 00′
	Máx.	27° 10′	33° 30′	35° 20′	36° 20′
C_1/C_2		1,140	1,218	1,243	1,255

QUADRO II

Desvios das ortogonais produzidos por um prisma com 10 m de altura em fundos de 20 m de água

Ângulo do prisma	Desvios	Comprimento da onda			
		100 m	200 m	300 m	400 m
10°	min.	2° 40′	3° 20′	3° 40′	4° 00′
	Máx.	21° 10′	23° 50′	24° 40′	24° 50′
20°	min.	5° 20′	7° 00′	7° 40′	8° 00′
	Máx.	27° 00′	30° 20′	31° 30′	31° 50′
30°	min.	8° 00′	10° 40′	11° 20′	11° 40′
	Máx.	30° 40′	34° 50′	36° 20′	36° 50′
40°	min.	11° 00′	14° 20′	15° 40′	16° 00′
	Max.	33° 40′	38° 30′	40° 10′	40° 50′
50°	min.	14° 00′	17° 00′	20° 20′	21° 00′
	Máx.	36° 10′	42° 00′	43° 50′	44° 30′
C_1/C_2		1,253	1,336	1,364	1,376

Nos quadros indicam-se também as relações C_1/C_2 entre as velocidades de propagação da onda fora e dentro do prisma. Esta relação corresponde ao índice de refracção da óptica.

Na fig. 5 representa-se gràficamente a variação das relações C_1 C_2 com os comprimentos de onda para obras submersas estabelecidas a diversas profundidades mas tendo todas elas a sua cota superior 15 m abaixo da superfície das águas. Verifica-se pela figura que essas relações, correspondentes, como foi dito, a índices de refracção, crescem muito ràpidamente quando o comprimento da onda passa de 50 m para 150 m. Isto significa que as obras cujo coroamento ficar 15m abaixo da superfície das águas, embora pouco afectando a vaga local de pequeno comprimento, desviarão eficazmente a ondulação de grande comprimento. A fig. 5 permite ainda verificar que os índices de refracção obtidos com obras com o coroamento a —15,0 m são da ordem dos que se podem conseguir com os melhores vidros utilizados no fabrico de lentes.

Pelo emprego de dois prismas dispostos um em frente do outro, da forma representada na figura 6, pode-se obter uma dispersão de energia correspondente a um desvio de valor duplo do que se poderia conseguir com um único prisma. Uma tal obra dará ocasião à dispersão de energia na região *A* e à sua concentração nas regiões *B*. Na região *A* as ondas diminuirão de altura à medida que se afastarem do prisma; nas regiões *B* a sua altura aumentará.

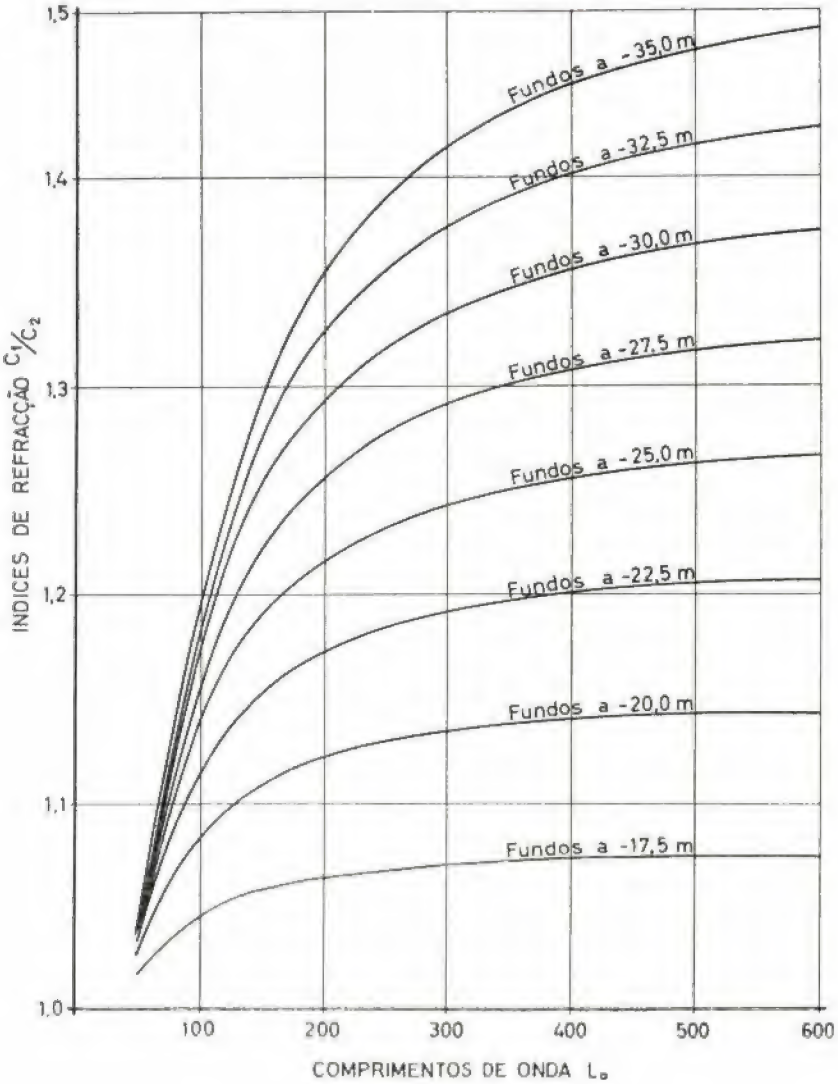


Fig. 5

Claro que o conhecimento do desvio das ortogonais não é suficienie para se ajuizar da variação da altura das ondas. Esta só poderá ser avaliada a partir do conhecimento do afastamento entre ortogonais pela aplicação de expressões do tipo de (3). Quanto maior for a distância percorrida pela onda depois de ter passado por cima do prisma, tanto maior será o

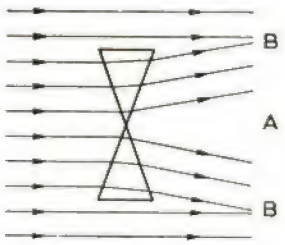


Fig. 6

aumento ou diminuição da altura da onda. Convém notar que a aplicação de expressões do tipo (3) só é válida desde que não seja muito grande a variação da altura da onda ao longo da crista. Caso contrário o transporte de energia que se verificará ao longo das cristas contribuirá para reduzir a variação da altura da onda.

6. — Modos de utilização dos prismas e lentes

Só depois de realizados ensaios no laboratório e na natureza se poderá ajuizar da viabilidade económica da utilização de obras submersas construídas com o objectivo de afectar a propagação das ondas. No entanto, e a mero título de sugestão, apresentam-se alguns tipos possíveis de utilização de obras submersas.

a) *Redução da agitação na entrada dos portos.*

Para a resolução do problema da escolha da largura da entrada de um porto adopta-se quase sempre uma solução de compromisso entre a necessidade de a deixar suficientemente ampla para assegurar a fácil e segura passagem dos navios e a necessidade de a reduzir para impedir a penetração da agitação no porto. É de esperar que o emprego de prismas de desvio de ortogonais permita, desde que seja conhecida a direcção de propagação das ondas, a adopção de maiores larguras sem que isso implique a penetração da agitação no porto (Figs. 7 e 8).

Convém fazer notar que este tipo de obra submersa pode ser executado mesmo em frente

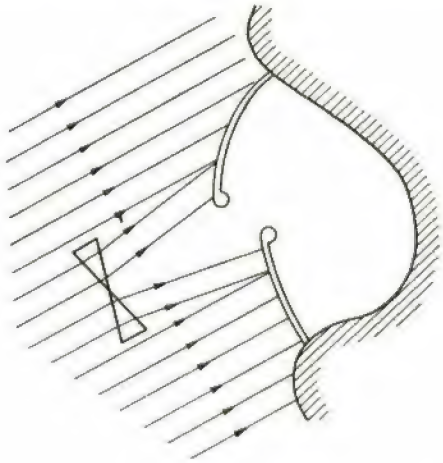


Fig. 7

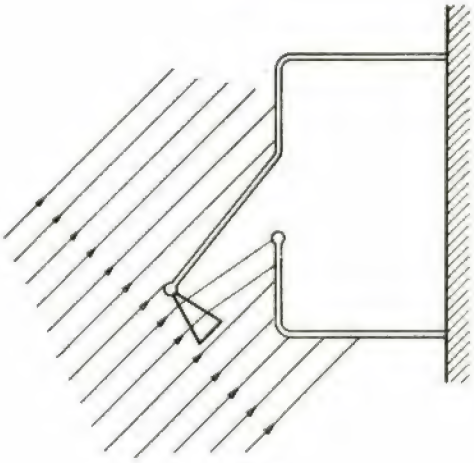


Fig. 8

das entradas dos portos. Como a sua face superior fica muito abaixo da superfície da água, os prismas não provocam a rebentação das ondas e permitem a passagem dos navios.

b) *Redução da agitação em docas.*

Em geral a agitação só pode entrar dentro das docas quando proveniente de direcções bem definidas e correspondentes ao enfiamento da boca da doca com a entrada do porto. As obras de desvio de ortogonais devem revelar-se nestes casos particularmente eficazes e de fácil aplicação (Fig. 9).

c) *Defesa e regularização de costas arenosas.*

A defesa de costas efectua-se geralmente pela construção de obras que evitam a sua erosão.

É de esperar que o emprego de obras submersas construídas de modo a controlarem os fenómenos de erosão e acreação permitam a redução do custo das obras de defesa.

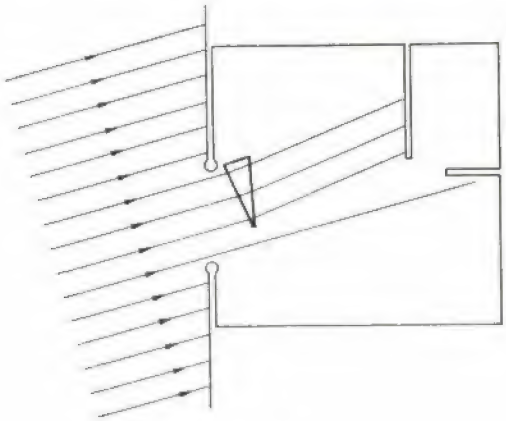


Fig. 9

d) *Obras para provocar a rebentação das ondas.*

Talvez seja possível abrigar instalações portuárias mediante a construção ao largo de obras submersas destinadas a provocar a rebentação das ondas antes de estas atingirem a costa.

Para tal convirá dar a essas obras a configuração de lentes, dispostas de tal forma que a concentração de energia resultante da aproximação das ortogonais dê ocasião a um tão grande aumento de altura que a onda se torne instável e rebente (Fig. 10).

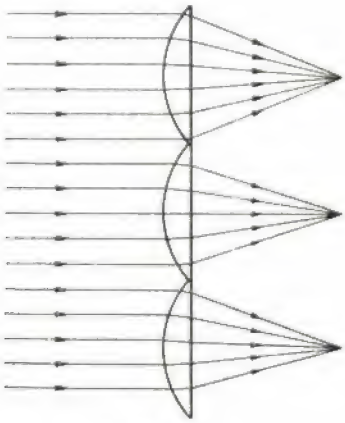


Fig. 10

Como estas obras submersas não ficam submetidas à acção directa da rebentação por elas provocada, como sucede nos molhes mesmo nos de tipo submerso, poder-se-ão utilizar na sua construção materiais ligeiros de custo reduzido.

e) *Instalações para a utilização da energia das ondas.*

Em várias regiões têm sido construídas instalações para a utilização da energia das ondas. Um dos principais elementos dessas instalações são os diedros de concentração de energia. A construção de obras submersas em frente desses diedros deve permitir aumentar consideràvelmente a sua utilidade ou reduzir o seu comprimento e o seu custo.

7. — Formas de execução dos prismas

As superfícies dos prismas, por virtude de se encontrarem a cotas a que as órbitas dos movimentos da água são de pequena amplitude e percorridas a reduzida velocidade, poderão ser revestidas com materiais muito mais leves do que os utilizados na construção dos molhes.

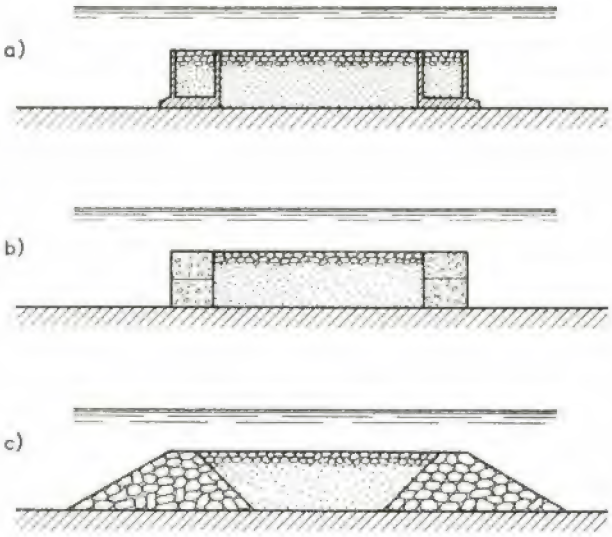


Fig. 11

No caso de se verificar a conveniência de os bordos dos prismas serem bem definidos, os prismas poderão ser constituídos por muros de caixões ou de blocos, preenchendo-se o espaço entre eles com qualquer material de custo reduzido. Tal material poderá ser fino, desde que seja protegido por pedra de tamanho adequado à agitação que se possa verificar sobre o prisma (Figs. 11 a e b). Se, como aliás é de esperar, não houver vantagem em bem definir os bordos dos prismas, estes poderão ser delimitados por maciços de enrocamentos (Fig. 11 c).

TEODOLITOS

CONSTRUÇÃO DR. H. WILD

DK 2
DKM 2
DKM 2-U
DKM 2-T

SÃO DE LONGE O QUE DE MELHOR SE FABRICA EM TODO O MUNDO!

Precisão inexcedível
Manejo facílimo
Construção robusta
A óptica mais luminosa

Aumento da luneta 30×, abertura da objectiva	45 mm
Focagem mínima a	1,4 m
Focagem máxima para leitura dos mm na mira	230 m
Idem para leitura dos cm	500 m
Constante de multiplicação 100, e de adição	0
Peso do equipamento com tripé extensível, sómente . . .	10,9 Kg

KERN & CIE. S. A. AARAU — Suíça

REPRESENTANTES
EMÍLIO DE AZEVEDO CAMPOS & CA. LDA.
RUA DE SANTO ANTÓNIO, 137-145 — PORTO — TEL. 20254/5
RUA ANTERO DE QUENTAL, 17-1.º — LISBOA — TEL. 53366

NOTA — Os teodolitos «KERN» não são aparelhos repetidores, mas sim teodolitos de círculo-duplo, oferecendo portanto maior precisão e um trabalho muito mais simples e mais rápido.

FR. RITTMEYER S. A.

Fabricantes de equipamento de controle para serviços de distribuição de água, barragens, etc.

Grupo de teleregistadores instalados na Central da Câmara Municipal de Oeiras. Esta instalação compreende emissores da medida do nível de água, dos 15 reservatórios equipados, por meio de impulsos de corrente contínua lançados através de pares telefónicos.

REPRESENTANTES:

FACTO, LDA.

R. DA MADALENA, 46-2.º — LISBOA

Mediante o emprego de prismas com taludes variando gradualmente de inclinação, como é de uso na construção da parte submersa dos molhes, será possível reduzir a um mínimo os tipos de materiais de revestimento (Fig. 12). Obras deste tipo terão sobre as ortogonais um efeito muito semelhante ao que teriam sobre raios luminosos prismas ou lentes de vidro com índice de refracção variável.

Fig. 12

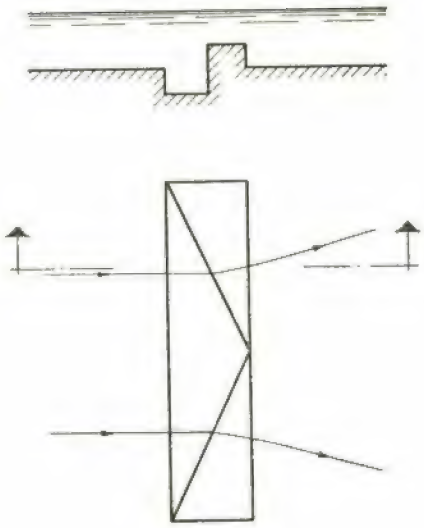


Fig. 14

A construção de conjuntos de pequenos prismas dispostos como as lentes utilizadas nos faróis, em vez da construção de grandes prismas simples, permitirá grande redução no consumo de materiais (Fig. 13). É de pôr em dúvida, no entanto, a sua acção sobre ondas cujo comprimento seja da ordem das dimensões dos pequenos prismas.

Para que as obras destinadas ao desvio de ortogonais não corram o risco de ser destruidas pela rebentação de ondas, convirá que a cota do coroamento fique bastante abaixo do nível de repouso das águas em baixamar. Isto implicará uma diminuição da sua eficiência, mas permitirá o emprego de materiais ligeiros e de mais fácil colocação.

Um tipo de obra que certamente permitirá grande economia de execução, mesmo quando obrigue à movimentação de grandes volumes de materiais, será o que resultar da combinação de um prisma reentrante com um prisma saliente dos fundos. Tal solução apresentará grande interesse quando os produtos a dragar para a obtenção dos prismas reentrantes puderem ser utilizados na construção dos prismas salientes dos fundos (Fig. 14).

Fig. 13

Considerações finais

As considerações que se apresentaram nos parágrafos anteriores não são suficientes para permitirem ajuizar da vantagem da introdução de um novo tipo de obra marítima: o da obra submersa com a disposição em planta de prisma ou lente e destinada a concentrar ou a dispersar a energia das ondas pelo desvio das ortogonais.

A semelhança entre os fenómenos de propagação da luz e os da propagação das ondas marítimas leva a aceitar a possibilidade de emprego de tais obras. Falta ainda, no entanto, averiguar quais as dimensões mínimas a atribuir-lhes para que afectem eficazmente a propagação de ondas de tão grande comprimento como as ondas do mar.

As principais limitações deste tipo de obra são as que resultam da necessidade de se conhecer *a priori* a direcção de propagação da onda, de não ser praticável a sua construção em grandes fundos e de convir deixar o seu coroamento a cotas relativamente profundas, não só para permitir a navegação mas também para evitar a rebentação das ondas sobre as obras.

Nos casos em que as ondas só possam provir de direcções bem definidas e em que o relevo submarino se preste à construção de obras de pequeno volume afastadas do lugar onde se pretenda obter a concentração ou a dispersão de energia, é de esperar que o emprego de obras submersas permita, muito econòmicamente, abrigar zonas que convenha defender da agitação do mar.

É provável, no entanto, que pelo menos nalguns casos, se venha a verificar a conveniência

de se projectarem obras submersas que desviem as ortogonais quando as ondas forem de pequena altura e provoquem o seu rebentamento quando for grande essa altura. Sobre tais obras, evidentemente, só será possível a passagem de navios em boas condições de tempo.

Fazem-se votos para que este artigo desperte o interesse dos técnicos da especialidade e os leve a realizar ensaios laboratoriais e a apresentar os seus comentários sobre a viabilidade do emprego de obras submersas para a concentração e dispersão da energia das ondas do mar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Iribarren Cavanilles (1941), «Obras de Abrigo de los Puertos», Revista de Obras Públicas, Janeiro de 1941.

Iribarren Canavilles e C. Nogales y Olano (1954), «Obras Marítimas — Oleage y Diques» Ed. Dossat, Madrid, 1954.

Gridel, H. (1946), «Essai d'application des résultats de la physique ondulatoire à l'étude des phènomènes de propagation de la houle», Annales des Ponts et Chaussées, Janeiro-Fevereiro e Maio-Junho, 1946.

Corps of Engineers (U. S. A.), (1954), «Shore Protection, Planning and Design» — Beach Erosion Board, Junho, 1954.

Penney, W. G. e Price, A. T. (1944), «Diffraction of Sea Waves by Breakwaters», Directorate of Miscellaneous Weapons Development, Technical History n.º 26, Artificial Harbors, Sec. 3-D, 1944.

Putnan, J. A. e Arthur, R. S. (1948), «Diffraction of Water Wawes by Breakwaters», Transactions American Geophysical Union, vol. 29, n.º 4, Agosto, 1948.

Johnson, J, W., Fuchs, R. A. e Morison, J. R. (1951), «The Damping Action of Submerged Breakwaters», Transaction American Geophysical Union, vol 32, n º 5, Outubro, 1951.

Russel, R. C. H. e Macmillan, D. H. (1954), «Waves and Tides», Ed. Hutchinson's 2.ª ed. 1954.

Beach Erosion Board (1950) — «Southern Hemisphere Swell and Waves from tropical Storm» Bull. Beach Erosion Board, 1 Julho, 1950.

C. D. U. 622.732.001.2

A ENERGIA DE FRAGMENTAÇÃO

PELO ENGENHEIRO DE MINAS (I. S. T.) JOSÉ QUINTINO ROGADO

Assistente do I. S. T.
Bolseiro do I. A. C. para a C. E. E. N.

1 — Em 1867 Rittinger estabelecia, parece que pela primeira vez, expressão analítica da energia consumida na fragmentação. Para Rittinger essa energia seria função linear da variação da superfície do sólido ou sólidos sujeitos à fragmentação, isto é:

$$\Delta E = K \Delta S \qquad (1)$$

onde ΔE seria a energia consumida por unidade de volume, K uma constante e ΔS a variação da superfície por unidade de volume ou seja da superfície específica.

Cerca de vinte anos depois, em 1885, Kick concluia que a energia consumida na fragmentação era antes função linear da variação de volume.

Assim, considerando apenas um sólido e admitindo, por aproximação, que a forma se mantém durante a fragmentação, se o calibre variar, por exemplo, segundo a sucessão

$$\frac{1}{2} \quad \frac{1}{2^2} \quad \frac{1}{2^3} \quad \ldots \quad \frac{1}{2^n}$$

a energia consumida na deformação que antecede a fractura, a qual se toma como energia de fragmentação, variará segundo sucessão

$$1 \quad 2 \quad 3 \quad \ldots \quad n$$

Isto é, a energia ΔE_{ik} consumida na variação do calibre de l_i a l_k valerá

$$\Delta E_{ik} = E_0 (\log d_i - \log d_k) = E_0 \frac{\log l_i}{\log l_k} \qquad (2)$$

com E_0 constante.

Quer a *lei* de Rittinger, quer a de Kick, foram pelos seus autores [1, 2] deduzidas supondo que a fragmentação se realizava sobre um conjunto de partículas iguais e produzia outro conjunto de partículas também iguais mas de menor diâmetro.

Se os conjuntos inicial e final de partículas têm distribuição de calibres variada, a utilização das citadas leis implicará já por essa razão uma aproximação. Usando a lei de Rittinger a variação da superfície específica ΔS calcular-se-á à custa das granulometrias inicial e final. Para a lei de Kick a generalização usada [3] consiste em calcular as médias logaritmicas dos calibres nos conjuntos inicial e final e tomá-las como os logaritmos dos calibres que intervém na expressão (2).

Isto é, põe-se

$$\Delta E = E_0 \left[\int_0^1 \log l_1 \, d\, C_1 - \int_0^1 \log l_2 \, d\, C_2 \right]$$

onde l_1 e l_2 são os calibres genéricos dos conjuntos inicial e final e C_1 (l_1) e C_2 (l_2) os cúmulos inferiores dos mesmos conjuntos respectivamente.

Ou fazendo

$$\int_0^1 \log l_1 \, d\, C_1 = \log k_1$$

$$\int_0^1 \log l_2 \, d\, C_2 = \log k_2$$

escrever-se-á

$$\Delta E = E_0 \log \frac{K_1}{K_2}$$

Ambas estas leis têm sido desde a sua formulação confirmadas ou negadas total ou parcialmente por numerosos experimentadores [3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9].

Os defensores de uma e de outra, talvez se tenham preocupado mais com dificuldades experimentais de interpretação do que com o rigor da formulação das leis, sem dúvida, esqueceram-se que a lei de Kick se pode considerar uma aproximação da de Rittinger [10].

2 — A chamada *terceira teoria da fragmentação* criada em 1950 conjuntamente pelo americano Bond e pelo chinês Jin-Tung-Wang [9] e estruturada definitivamente pelo primeiro em 1952 [11] estabelece, como se sabe, que a energia total de fragmentação é inversamente proporcional à raiz quadrada do *módulo do calibre* (1) do conjunto de partículas considerado e que, portanto, variando o módulo de F a P, a variação de energia seria dada por:

$$\Delta E = \frac{10\ W_i}{\sqrt{P}} - \frac{10\ W_i}{\sqrt{F}} \qquad (3)$$

Onde $W_i = f\ (F, P)$ é o que Bond chamou módulo de energia *(work index)*, isto é, a energia necessária para fragmentar desde o módulo do calibre infinito até ao módulo do calibre igual a 100 μ.

Esta lei, de precárias bases físicas e que Bond tem procurado demonstrar à custa de inúmeros ensaios e aplicações práticas, aparece ùltimamente ligada à função interpoladora de Rosin e Rammler [12] permitindo, segundo o seu autor, elaborar métodos práticos para o cálculo ou previsão da energia consumida e outras características da fragmentação.

Contudo, a expressão de Bond, contendo uma constante (W_i) que não depende só das características físico-mecânicas do sólido fragmentado mas também do processo de fragmentação usado não possui a generalidade que aquele lhe quere atribuir. Além disso, não é de esperar que a energia consumida na fragmentação se possa exprimir apenas como função de dois módulos de calibre, porquanto é evidente que granulometrias diferentes podem ter os mesmos módulos.

Por estas e outras razões R. I. Charles procurou recentemente [8] servindo-se da função interpoladora de Schuhmann-Gaudin generalizar a expressão (3) pondo-a na forma:

$$\Delta E = K \left[\frac{1}{K_P^{n-1}} - \frac{1}{K_F^{n-1}} \right] \qquad (3')$$

onde K_P e K_F são os calibres máximos definidos por aquela função interpoladora e n uma constante experimental satisfazendo à condição

$$1 < n < \alpha + 1\ ,$$

sendo α o coeficiente angular da recta de Schuhmann-Gaudin.

A expressão (3') é da mesma forma da estabelecida por Holmes [13] ou da devida ao «Comittee on the Theory of Comminution» e a apresentada recentemente no último Congresso Internacional de Preparação de Minérios em Estocolmo [3]. Tem contudo, as mesmas limitações da de Bond, não só porque n se não pode considerar constante, mas também porque K seria função da maquinaria usada na fragmentação.

3 — Admitindo que se sabe medir a energia consumida na fragmentação, o que está longe de ser verdadeiro no caso geral, do ponto de vista teórico a expressão (3') devida a Charles, que é a única entre as novas *leis* da fragmentação que foi formulada com certo rigor físico, enferma de uma imperfeição que as antigas *leis* de Rittinger e Kick não sofriam.

Com efeito em (3') a energia trocada na fragmentação é exprimível em função do diâmetro máximo das partículas e do peso ou volume total do conjunto a fragmentar, quando deveria ser função do diâmetro e do número das particulas, visto que cada particula é criada mediante certo dispêndio de energia.

Por outro lado Charles usa para a dedução de (3') a função interpoladora de Schuhmann-Gaudin à qual confere generalidade e significado físico que não possue.

Além disso não deve, como já referimos, e como não só faz Charles, por-se a energia trocada na fragmentação dependente de dois módulos de calibre — o do conjunto inicial e o do conjunto final. Esta atitude só é válida em casos como os tratados por Rittinger e Kick em que ambos os conjuntos eram constituidos por particulas iguais.

Quer dizer, a energia de fragmentação deverá ser estruturada, (i) procurando uma lei local ou diferencial, (ii) utilizando granulometrias com significado físico, (iii) pondo de parte qualquer factor experimental dependente da maquinaria com que se processa a fragmentação.

Utilize-se por exemplo para lei diferencial a devida a J. H. Perry [14]:

$$dE = -C \frac{dx}{x^n} dy$$

onde dE é a variação de energia, x o calibre y o n.º de partículas e C uma constante; e para gra-

(1) Segundo Bond este *módulo do calibre* seria o *calibre a 80 %*.

nulometria a lei lognormal que como mostraram Kolgomorow, Renyi e E. Lázar [15] é a lei geral da granulometria desde que se relacione o número de partículas com o calibre e não o peso com o calibre:

$$dy = A \frac{e^{-B\left[\log \frac{x}{\mu}\right]^2}}{x} \qquad (5)$$

onde A e B são constantes e μ é a média geométrica dos calibres.

Teremos:

$$dE = -CA \frac{e^{-B\left(\log \frac{x}{\mu}\right)^2}}{x^{(n+1)}} \quad dx \qquad (6)$$

como lei local da distribuição da energia pelos calibres.

Assim sendo, pode calcular-se, uma vez conhecidas as constantes, a energia trocada quando se passa por fragmentação de granulometria expressa por $y = f_1(x_1)$ (cúmulos inferiores) para a granulometria expressa por $y = f_2(x_2)$. Então será, evidentemente.

$$E = -C\left[A_2 \int_0^{x_2} \frac{e^{-B_2\left(\log \frac{x_2}{\mu}\right)^2}}{x_2^{(n+1)}} dx_2 - A_1 \int_0^{x_1} \frac{e^{-B_1\left(\log \frac{x_1}{\mu}\right)^2}}{x_1^{(n+1)}} dx_1\right] \qquad (7)$$

As constantes B_1, A_1, A_2, B_2 e μ obtém-se directamente das granulometrias; as constantes C e n terão de ser determinadas à custa do estudo experimental da lei diferencial (4) o que compete aos experimentadores fazer.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1 — P. R. Rittinger: *Lehrbuch der Aufbereitugskunde* — 1867.
2 — F. Kick: *Das Gesetz der proportionalen Widerstande und seine Anwendung* — 1867.
3 — J. Svenson e J. Huvkes.
4 — H. Stadler: AIME *Trans.*, 1910, vols. 19 e 20.
5 — J. Gross e Zimmerly: AIME *Trans.*, 1930, vol. 87, pp. 35-50.
6 — E. L. Piret: *Chemical Engineering Progress*, 1949, vol. 45, pp. 508, 708.
7 — D. R. Walker e M. C. Shaw: AIME *Trans.*, 1954, vol. 199, pp. 313-320.
8 — R. I. Charles: *Mining Engineering*, 1931, vol. 9, pp. 80-88.
9 — F. C. Bond e Jen- Tung Wang: AIME *Trans.*, 1950, vol. 187, pp. 871-878.
10 — L. A. Alves: Lições de Química Tecnológica I; ed. 1948-49, p. 271.
11 — F. C. Bond: AIME *Trans.*, 1952, vol. 193, pp 484-494.
12 — F. C. Bond: *Mining Engineering*, 1957, vol. 9, pp. 1372 a 1376.
13 — J A. Holmes: *Institute of Chemical Engineering, Trans.*, 1957, vol. 35.
14 — J. H Perry: *Chemical Engineer's Handbook* — 1950.
15 — E. Lázar: Acta Technica Academie Scientiarum Hungaricae, 1957, Tomos XVIII, Fasc. 3-4.

C. D. U. 621.311.5/94

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 92,0 % dos totais do País.*

MAIO

I — Breve nota mensal

Do ponto de vista hidrológico, o mês de Maio apresentou-se bastante abaixo da média, especialmente na zona centro.

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

	1957	1958	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	185,4	198,5	+ 7
Produção térmica (P_t)	0,0	0,0	0
Produção total (P_T)	185,4	198,5	+ 7
Cons. electroquímico (C_{eq}) (1)	51,1	50,0	— 2
Cons. permanentes (C_p) . . (1)	127,0	138,5	+ 9,1
Consumo total (C_T) . . . . (1)	178,1	188,5	+ 6

b) Acumulados desde 1 de Janeiro de 1958

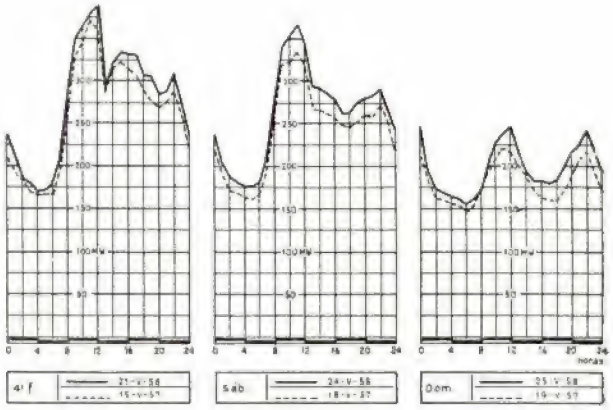
	1957	1958	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	838,8	930,2	+ 11
Produção térmica (P_t)	51,8	39,2	— 24
Produção total (P_T)	890,6	969,4	+ 9
Cons. electroquímico (C_{eq}) . (1)	182,0	203,5	+ 12
Cons. permanentes (C_p) . . . (1)	664,8	719,7	+ 8,3
Consumo total (C_T) . . . . . (1)	846,8	923,2	+ 9

Nota:

(1) Vidé nota referente ao mês de Janeiro de 1957.

III — Diagramas de carga dos dias característicos

	4.ª feira: 15-5-957	4.ª feira: 21-5-958
Produção hidráulica (P_h) — MWh	6355	6837
Produção térmica (P_t) — MWh . .	0	0
Produção total (P_T) — MWh . . .	6355	6837
Utilização da ponta (U) — horas	17,1	17,2
Factor de carga (α)	0,71	0,72
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r)	0,44	0,43



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras no fim do mês.

Albufeira	Energia armazenada GWh	Energia armazenada % (1)
Paradela	182,9	82,2
Venda Nova	120,5	94,1
Salamonde	25,1	91,0
Caniçada	31,2	94,2
Guilhofrei	6,5	78,9
Lagoa Comprida	23,6	80,3
Santa Luzia	54,5	88,4
Cabril	314,5	92,7
Castelo do Bode	150,6	92,3
Pracana	7,6	58,8
Póvoa	10,1 (2)	82,0
Total	933,1	88,9

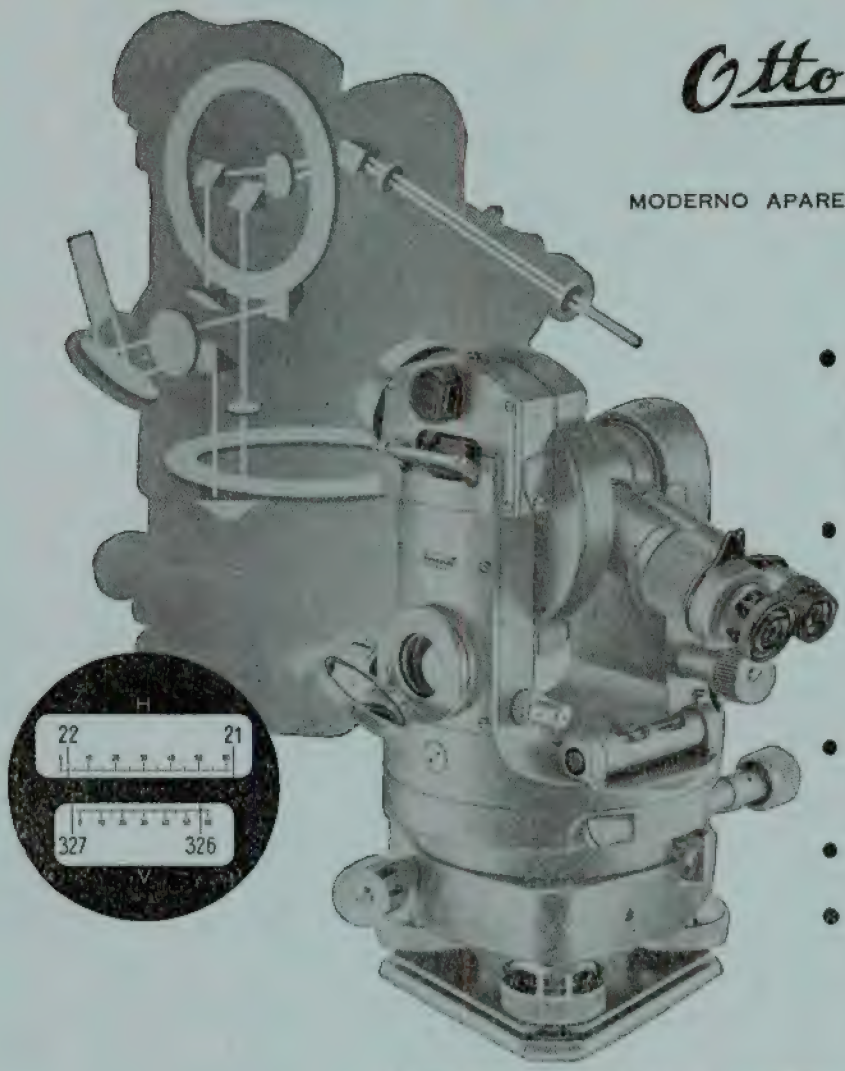
Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras definido pela relação

$$\frac{\text{Energia armazenada}}{\text{Máx. energia armazenável}} \times 100\ \%$$

(2) Inclui 1,6 GWh armazenados no açude do Poio.

TEODOLITO TAQUEOMÉTRICO FTI



Otto-Fennel

MODERNO APARELHO DISPONDO DE:

- Observação simultânea dos dois limbos pelo microscópio colocado ao lado da ocular da objectiva
- Leitura por sistema directo de 1c e décimos por estimativa
- Leitura do nível vertical por coincidência
- Prumo óptico
- Grande luminosidade

Características ópticas e mecânicas

Telescópio analáctico com lente de focagem interna, retículo medidor de distância, telescópio reversível com o extremo da objectiva.

Constante de adição	zero
Constante de multiplicação	100
Comprimento do telescópio	190 mm
Abertura da objectiva	36 mm
Ampliação	28 x
Distância mínima de mira	1 m
Nível redondo	6' a 8'
Nível de reversão	30 "
Nível de horizontalidade paralelo ao eixo de inclinação	40 "

Nível junto ao círculo vertical legível por ajustamento da coincidência 40 ". Passo circunferencial sobre círculos de vidro 360° ou 400 g, de 1° ou de 1 g.

Diâmetro do círculo horizontal 90 mm, do círculo vertical 70 mm

Leitura directa horizontal	1 '	1 c
Leitura por avaliação	1 '	1 c
Leitura directa vertical	0,1' = 6"	0,2 c = 20cc
Leitura por avaliação	0,2' = 12"	0,25c = 25cc

Pesos: Instrumento 4,7 kg, Tripé com pés extensíveis 6,0 kg, Caixa metálica 4,0 kg

REPRESENTANTES

PAPELARIA FERNANDES — S. A. R. L.

L. DO RATO, 13 — TELEF. 68 21 31/37 — R. DO OURO, 145 — TELEF. 28361/36 85 41

LISBOA

BP
Bons
Passeios
BP
ENERGOL
VISCO-STATIC

C. D. U. 693.552.058:627.825.7

OS BETÕES DA BARRAGEM DE PICOTE

PELO ENG.º CIVIL (U. P.) LUÍS MOREIRA LOBO

(Da Comissão de Fiscalização das Obras dos Grandes Aproveitamentos Hidroeléctricos)

Em artigo com o título «A betonagem da barragem de Picote», publicado nesta Revista no número de Maio de 1957, deu-se conta do estudo de laboratório que precedeu o início da betonagem da barragem de Picote, indicou-se como estava a fazer-se o controle do cimento e dos betões e apresentaram-se os resultados até então existentes, numa altura em que a betonagem se encontrava ainda em curso. Concluída esta, em Outubro do ano findo, faz-se uma síntese dos resultados obtidos e mostra-se a necessidade do estabelecimento de um critério objectivo que presida ao escalonamento das dosagens de cimento dos betões de uma grande barragem.

Indica a fig. 1 a distribuição das diferentes dosagens de cimento do betão aplicado na barragem-abóbada de Picote. Junto do paramento de montante, numa espessura da ordem de 3 m, seguiu-se a prática corrente de enriquecer a dosagem, a princípio para 275 kg m^{-3} e, depois, para 250 kg m^{-3}.

Houve progressos em relação às barragens-abóbada até hoje construídas entre nós, porquanto foi a primeira vez que se aplicou betão de dosagem inferior a 200 kg m^{-3} no corpo da abóbada. Menores dosagens que esta haviam sido já aplicadas noutras barragens do mesmo tipo, mas sòmente nos seus encontros artificiais. No caso de Picote, apenas na margem direita existe um encontro artificial, de pequeno volume, onde, a título de ensaio, se aplicou um betão de cimento pozolânico, com as dosagens de 250 kg m^{-3} e 225 kg m^{-3}.

O quadro I permite comparar, com a de Picote, as barragens do tipo abóbada construídas no País nos últimos 8 anos. Vê-se que na de Picote a dosagem media do betão foi de 228 kg m^{-3}, a menor até hoje alcançada.

No evacuador de cheias, contíguo à abóbada, mas estruturamente dela independente, com uma grande superfície preparada para dar passagem à água em escoamento rápido, o volume de betão aplicado foi de 82.000 m^3, com a dosagem média de 237 kg m^{-3}.

A fig. 1 indica também os volumes de betão colocados na obra, bem como a evolução das dosagens médias de cimento na barragem e no evacuador de cheias. À medida que a obra se aproximava do fim, as dosagens médias foram naturalmente subindo, em consequência do emprego de betões mais ricos em estruturas armadas e nas superfícies à prova de água.

QUADRO I

BARRAGENS	Altura m	Volume de betão m^3	Máxima espessura no fecho m	Volume de betão de dosagem inferior a 200 kg m^{-3} (em % do vol. total)	Dosagem média do betão kg m^{-3}
Castelo do Bode	115	400.000	35	6	235
Venda Nova . .	94	228.000	32	—	248
Salamonde . .	75	94.000	6,4	10	259
Cabril	132	365.000	19	4	242
Caniçada . . .	96	89.000	8,9	11	256
Bouçã	65	70.000	7	—	251
Picote	*95*	*120.000*	*18*	*19*	*228*

O cimento

O controle do cimento *(Liz-modificado)* fez-se na fábrica por uma *Brigada* para tal fim especialmente destacada, dependente da Fiscalização das obras do Rio Douro. No quadro II indica-se a amostragem efectuada. Várias amostras de cimento foram remetidas também ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil para ali serem sujeitas a ensaios que a *Brigada* não tinha possibi-

BARRAGEM DE PICOTE

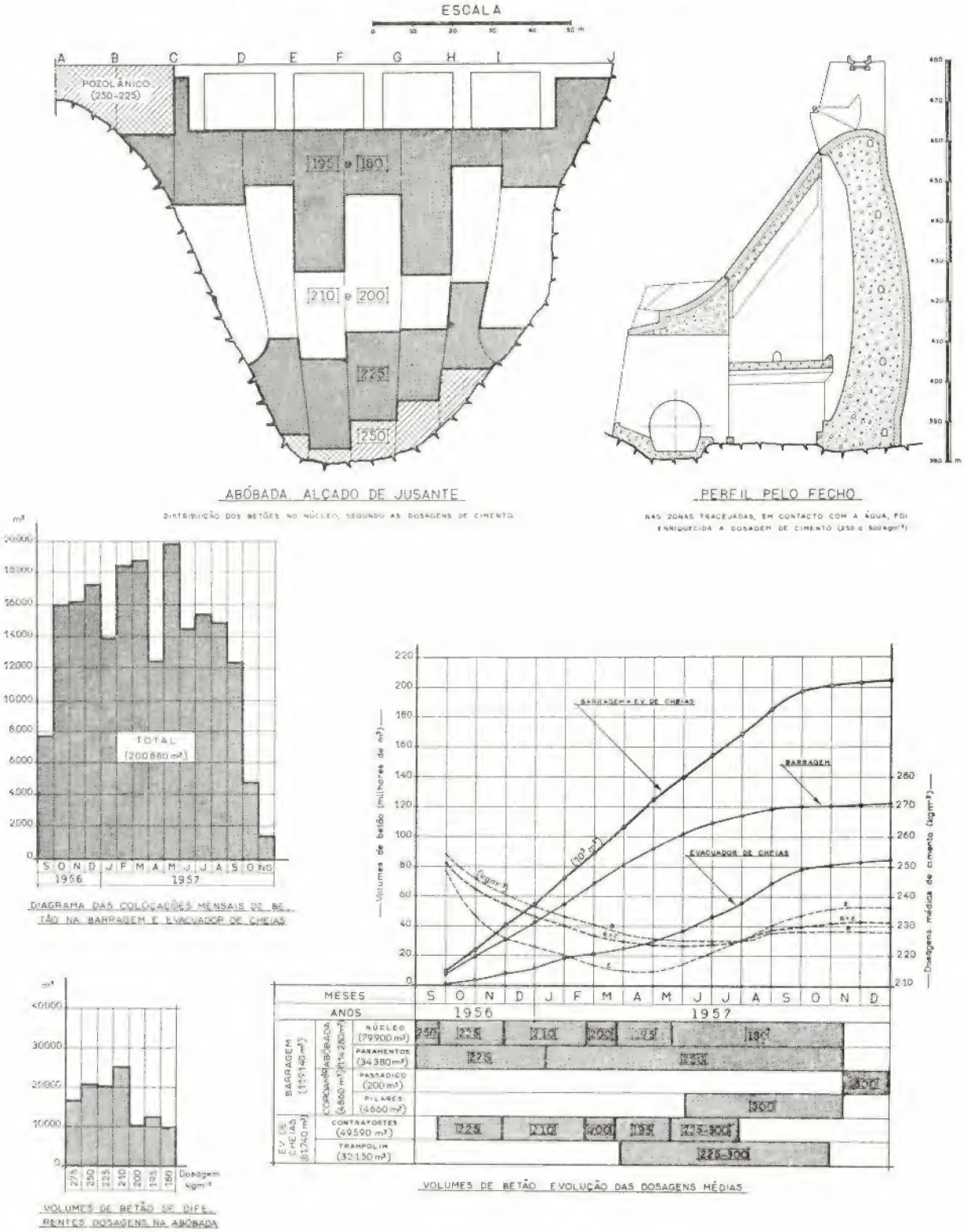


Fig. 1

lidade de efectuar e, também, para confirmação dos resultados por esta obtidos.

QUADRO II

Expedição e amostragem do cimento

Ano	Mês	Quantidades de cimento expedidas (t)		N.º de amostras colhidas e ensaiadas pela Brigada	
		Mensais	Acumuladas	Na moagem	No carregamento
1956	Julho	1.084	1.084	—	
	Agosto	2.518	3.062	3	7
	Setembro	2.169	5.771	3	14
	Outubro	2.622	8.393	5	21
	Novembro	6.152	14.545	7	44
	Dezembro	4,634	19.179	6	38
1957	Janeiro	4.823	24.002	4	30
	Fevereiro	4.501	28.593	6	28
	Março	5.603	34.196	7	34
	Abril	4.942	39.138	7	50
	Maio	4.891	44.029	5	28
	Junho	5.533	49.562	7	32
	Julho	4.770	54.332	7	28
	Agosto	4.947	59.279	5	31
	Setembro	4.153	63.414	5	29
	Outubro	1.816	65.230	—	10

A Brigada entrou ao serviço em Agosto de 1956. Na betonagem da barragem e do evacuador de cheias foram aplicadas cerca de 50.000 t de cimento.

Reunem-se no quadro III os resultados dos ensaios das amostras enviadas ao Laboratório Nacional, assim como os limites especificados e os valores médios obtidos.

A análise estatística das resistências mecânicas encontradas nas amostras colhidas durante a moagem conduziu aos valores indicados no quadro IV, que permitem confirmar a regularidade do cimento enviado para a obra. (1)

Os agregados

Houve uma permanente preocupação de obter uma composição quanto possível constante para cada tipo de betão, quer na quantidade e granulometria dos agregados (todos resultantes de britagem mecânica), quer no teor de água aplicado. Este não foi tão uniforme como se desejava, pelo facto de a areia fina apresentar percentagens de humidade muito variáveis, por insuficiência do tempo de ensilagem.

A composição granulométrica do betão era verificada por frequentes análises de amassaduras completas (sem água nem cimento), por análises individuais de cada tipo de brita e por uma análise diária da areia aplicada na torre de betonagem.

As percentagens de areia aplicadas mantiveram-se entre limites próximos (19 % e 22 %), sendo de 20 % a mais geralmente utilizada. A percentagem de elementos muito finos (0—0,15 mm) manteve-se, no entanto, ainda para além do que era para desejar.

Verificou-se em Picote um facto pouco vulgar relativamente à produção de inertes: apesar de estes terem sido obtidos por britagem mecânica (de um granito duro), nunca se lutou com falta de areia, havendo, até, excesso desta.

A explicação reside em que a alimentação da britadeira foi feita com produtos provenientes da abertura do cabouco da barragem e das obras subterrâneas; o explosivo encarregara-se de preparar uma apreciável quantidade de areia, embaratecendo a britagem.

Moldagem de provetes

Os ensaios de rotina para apreciação da resistência mecânica do betão aplicado efectuaram-se sobre provetes cúbicos de 20 cm de aresta. Este é, efectivamente, um provete de utilização cómoda e de uso generalizado entre nós; posto que não permita a moldagem do betão tal como se produz e aplica (que designaremos por *betão integral*),

(1) De 37 amostras foram efectuadas, também, ensaios segundo o actual caderno de encargos para o fornecimento e recepção do cimento portland normal, de 22-11-1956, tendo-se encontrado os seguintes valores médios:

Regulamento	Tracção kg cm^{-2}		Compressão kg cm^{-2}	
	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias
Suíço SIA-115-1933 . .	45	58	213	319
Português, Nov./56 . .	45	59	223	332

QUADRO IV

BARRAGEM DE PICOTE

Controle do cimento

Ensaios de resistência — Normas Suíças S. I. A. — 115-1933

Amostras de Moagem (MLM)

Local de ensaio	N.º de amostras n	Tipo de ensaio	7 dias			28 dias		
			Resist. média Rm kg cm^{-2}	Desvio médio quadrát. E kg cm^{-2}	Dispersão e %	Resist. média Rm kg cm^{-2}	Desvio médio quadrát E kg cm^{-2}	Dispersão e %
BRIGADA No total de amostras de moagem ensaiadas. .	77	T	42	3	7	54	2	4
		C	206	17	8	333	15	5
Nas amostras enviadas ao L. N. E. C.	55	T	42	3	8	54	2	4
		C	205	18	9	332	16	5
L. N. E. C.	55	T	44	4	8	57	5	8
		C	211	19	9	314	26	8

T — Tracção (por flexão)
C — Compressão

$$Rm = \frac{\Sigma Ri}{n} ; \quad E = \sqrt{\frac{\Sigma (Ri - Rm)^2}{n - 1}} ; \quad e = \frac{E}{Rm} \times 100$$

com britas até 200 mm e 250 mm, proporciona uma apreciação satisfatória da resistência mecânica do betão aplicado e elucida convenientemente sobre quando e como se deve proceder a ajustamentos da dosagem de cimento. Estes dois pontos são, de resto, o principal objectivo do controle de rotina do betão de uma barragem.

Para a moldagem daqueles provetes, o *betão integral* era crivado por malha de 38 mm (1 $^1/_2$"). O *betão crivado* — obtido à custa da rejeição de cerca de 50 % do total dos inertes — apresenta-se com uma dosagem muito mais elevada (60 % a 70 %) que a do *betão integral*, mas não tem, *necessàriamente*, de apresentar resistência apreciàvelmente diferente por não haver alteração do factor água/cimento.

Com o objectivo de comparar, sob o ponto de vista de resistência mecânica, estes 2 tipos de betão (*integral* e *crivado*) moldaram-se, da mesma amassadura, cubos de 60 cm de aresta com *betão integral* e com *betão crivado*. Uns e outros foram serrados para se obterem provetes cúbicos de cerca de 20 cm de aresta, a ensaiar posteriormente à compressão. Eis os resultados obtidos em ensaios aos 180 dias:

Dosagem de cimento do *betão integral* kgm^{-3}	Tipo de betão	N.º de provetes ensaiados	Dispersão %	Tensões kg cm^{-2}	Tensões relativas
250 (1)	Integral	10	10,4	274	100
	Crivado	10	7,7	288	104
200	Integral	6	8,4	319	100
	Crivado	6	5,8	271	85
180	Integral	10	8,0	236	100
	Crivado	10	3,2	252	109
Média					100 99

(1) Cimento pozolânico (Pozoliz).

As dispersões mais elevadas notam-se no *betão integral*, talvez por a dimensão dos provetes de ensaio ser pequena, tendo em conta a dimensão máxima da brita. (1)

(1) Já durante a betonagem da barragem da Caniçada se haviam efectuado ensaios deste género, cujos

QUADRO III

BARRAGEM DE PICOTE

Controle do cimento

Resultados obtidos nos ensaios de amostras enviados ao L. N. E. C.

Amostras de Moagem (MLM)

AMOSTRA		PRESA AO AR h — min.		EXPANSIBILIDADE (mm)		FINURA				COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)											Calor de hidratação (cal. g⁻¹)				RESISTÊNCIAS (kg cm⁻²)							
						Resíduo no peneiro de 4.900 malhas %		Super. específica Blaine (cm² g⁻¹)													Método de dissolução		Garrafa Thermos		Tracção (por flexão				Compressão			
																					L. N. E. C.		Brigada		LNEC		Brigada		LNEC		Brigada	
N.º	Data da colheita	L. N. E. C.	Brigada	L. N. E. C.	Brigada	L. N. E. C.	Brigada	L. N. E. C.	Brigada	P. R.	R. I.	SiO^2	$O_3 Al_2$	$O_3 Fe_2$	OCa	OMg	SO_3	SC_3	SC_2	AC_3	3 d.	7 d.	3 d.	7 d.	7 d.	28 d.	7 d.	28 d.	7 d.	28 d.	7 d.	28 d.
1	15- 8-56	3-15	3-45	2,0	2,1	3,1	4,0	3.430	3.276	2,37	0,76	19,29	7,02	4,33	62,33	2,45	1,75	49	18	11	51	67	57	61	42	48	48	53	234	301	216	320
4	3- 9-56	3-10	3-45	1,8	1,8	3,3	5.5	3 310	3.364	2,79	0,33	19 03	6,57	4,37	62,48	2,34	1,55	55	13	10	51	64	57	62	40	47	44	56	221	278	217	329
5	9- 9-56	–	3-55	–	2,0	–	5,3	3.530	3.359	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	66	65	70	48	53	50	58	237	336	241	345
6	23- 9-56	3-15	4-35	1,9	1,6	5,4	5,1	3 330	3.264	2,30	0,48	18,56	6,65	4,48	63,48	2,22	1,85	60	8	10	53	66	64	66	41	52	45	50	229	276	221	314
7	5-10-56	3-00	3-25	1,6	1,6	2,8	4,3	3.750	3.836	3,43	0,41	18,48	6,51	4 52	62,55	2,24	2,00	58	9	10	56	66	57	59	47	55	46	55	220	294	209	312
8	11-10-56	–	3-50	–	2,0	–	6,2	3.220	3.214	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	68	64	66	47	56	43	55	216	326	207	341
9	19-10-56	–	4 00	1,0	1,6	3 9	5,2	3.330	3.251	1,70	0,46	19,88	6,66	4,60	63.15	2,27	1,73	49	20	10	52	78	61	63	47	59	43	55	220	324	224	356
10	24-10-56	–	3-45	–	1,6	–	6,2	3.360	3.251	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	64	58	60	46	62	41	57	223	352	202	331
11	26-10-56	–	4-10	–	1,5	–	5,5	3.470	3.495	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	69	58	61	42	57	40	54	204	336	203	347
12	4-11-56	–	3-15	–	1,8	4,6	4,8	3 110	3.180	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	66	58	62	41	50	41	56	198	262	195	349
13	7-11-56	3-30	3-30	2,2	1,6	4,2	4,6	3.250	3.190	2,18	0,35	19,89	6,64	4,33	62,98	2,44	1,27	51	19	10	51	67	59	68	37	52	36	54	180	290	169	348
14	10-11-56	–	3-15	–	1,5	–	4,2	3.210	3.162	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	67	63	67	42	59	39	56	176	323	184	365
15	17-11-56	3-20	3-45	2,1	1,7	3.3	3.7	3.290	3.425	2,29	0,39	19,61	6,55	4,60	62,90	2,54	1.34	52	17	10	51	67	60	66	41	52	37	53	196	293	198	346
18	26-11-56	–	2-35	–	1,5	–	4,1	3.320	3 338	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	66	54	59	40	53	40	54	192	292	203	362
20	6-12-56	–	4-35	2,0	1,8	4,4	4,5	3.140	3 098	1,61	0,35	19,78	6.78	4,26	63,18	2,56	1,15	52	18	11	51	71	55	60	40	61	38	54	184	329	185	362
21	9-12-56	4-41	4-10	2,0	1,8	3,4	3,8	3.310	3 293	1,93	0,53	19,56	6,64	4,45	63,18	2,51	1,23	54	16	10	50	66	58	62	42	51	39	56	195	284	209	370
22	18-12-56	–	3-35	–	1,9	–	5,0	3.180	3.132	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	69	58	62	36	52	40	55	189	298	217	550
23	27-12-56	–	4-30	–	1,8	–	4,1	3.200	3.201	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	71	51	57	38	51	40	53	190	296	204	349
24	29-12-56	–	3-00	–	1,6	–	3,9	3.230	3.151	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	66	49	52	38	52	39	53	172	270	187	329
25	5- 1-57	4-25	4-45	1,7	1.5	4,4	4,4	3.200	3.109	1,94	0.36	19,86	6,18	4,75	62,44	2,62	1,38	50	19	8	48	67	51	57	42	56	38	52	209	305	188	316
26	12- 1-57	–	4-20	–	1,4	–	3,8	3.190	3.143	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	68	57	60	43	59	39	53	190	300	181	324
27	18- 1-57	–	4-40	–	1,5	–	4,7	3.250	3.193	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	70	52	55	41	55	40	54	190	310	187	338
28	23- 1-57	–	3-50	–	1,7	–	3,4	3.380	3.364	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	70	57	60	44	51	42	58	206	309	208	337
30	4- 2-57	4-05	3-40	1,0	1,3	3,1	3.7	3.370	3.343	1,81	0,45	19,86	6,59	4.37	62,12	2,50	1,84	46	22	10	53	68	52	54	48	63	44	55	220	311	225	327
31	8- 2-57	–	4-05	–	1,5	–	3,8	3 280	3.212	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	68	57	58	51	65	44	57	220	317	215	332
32	11- 2-57	–	4-00	–	1,2	–	3,6	3 590	3.545	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	70	55	59	42	54	46	53	208	320	230	331
33	19- 2-57	–	4-10	–	1,4	–	3,9	3.560	3.456	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	66	51	54	48	58	45	57	230	309	235	355
35	2- 3-57	3-30	3-50	2,0	1,9	3,3	4,6	3.200	3.109	1,32	0,31	19,75	6,43	4,52	63,20	2,68	1,44	53	17	9	57	68	64	68	48	61	45	54	230	346	216	326
36	9- 3-57	–	3-20	–	1,6	–	3,9	3.290	3.286	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	70	56	58	44	57	46	54	201	334	221	334
37	11- 3-57	–	3-40	–	1,4	–	4,5	3.280	3.190	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	73	58	61	43	56	43	53	194	325	207	324
38	18- 3-57	–	3-50	–	1,3	–	4,5	3 250	3.104	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	73	58	63	43	56	44	57	198	290	198	330
42	4- 4-57	3-37	3-15	2,0	1,8	2,0	2.7	3.490	3.456	1,84	0,36	19,66	6,37	4,60	63,17	2,63	1,59	53	17	9	55	71	55	–	49	62	43	56	221	335	208	336
43	8- 4-57	–	3-25	–	1,5	–	3,2	3.230	3.186	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	74	57	60	41	54	45	55	204	320	214	317
44	13- 4-57	–	3-25	–	1,6	–	3,5	3.230	3.169	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	71	50	54	45	57	43	53	208	308	199	319
45	18- 4-57	–	3-10	–	1,2	–	2,3	3.500	3.474	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	69	55	–	43	61	45	57	203	302	202	334
49	3- 5-57	4-17	4-05	1,0	1,8	3,0	3,9	3 290	3.186	1,60	0,15	19,99	6,70	4,64	63,05	2,49	1,37	49	20	10	48	70	56	60	45	58	39	55	203	295	182	319
50	11- 5-57	–	4-13	–	1,3	–	4,0	3.130	2.984	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	71	57	60	44	55	39	54	203	314	171	330
51	13- 5-57	–	4-18	–	1,3	–	4,6	3.220	2.909	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	67	57	63	44	60	38	55	210	323	166	319
52	23- 5-57	–	4-00	–	1,7	–	4,6	3.090	2.878	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	69	58	60	44	60	38	53	179	362	173	320
54	3- 6-57	4-05	4-10	2,0	2,1	4,8	4,2	3,250	3.023	0,86	0,49	20,17	6,97	4,60	63,05	2,17	1.54	46	23	11	59	75			48	60	42	54	234	336	209	339
55	8- 6-57	–	3-45	–	1,7	–	3,9	3.440	3.191	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	77	57	57	51	63	40	54	251	375	198	340
56	11- 6-57	–	3-50	–	1,7	–	4,1	3.420	3.202	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	68	55	58	43	61	37	52	208	318	178	325
57	14- 6-57	–	3-45	–	1,8	–	4,2	3.290	3.104	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	68	52	55	46	59	39	52	226	315	194	310
61	4- 7-57	3-40	3-30	2,0	1,2	3,6	3,6	3.460	3.246	1,02	0,55	20,34	6,97	4,90	62,77	2,28	1,60	43	26	10	61	74	62	64	47	64	42	56	239	404	203	342
62	7- 7-57	–	4-05	–	1,3	–	4,2	3.360	3.164	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	77	61	62	46	60	41	55	234	320	208	344
63	9- 7-57	–	4-30	–	1.7	–	4,9	3.360	3.109	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	73			46	61	40	57	225	335	200	326
64	15- 7-57	–	4-20	–	1,5	–	3,9	3.530	3 246	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	70	62	64	47	59	40	56	232	314	208	332
68	0- 8-57	4-15	3-10	2,0	1,5	4,9	4,1	3.660	3.409	1,54	0,51	20,33	7,06	6,80	62,10	2,19	1,87	39	29	11	57	70	58	60	47	64	41	53	221	359	223	326
69	13- 8-57	–	4-25	–	1,7	–	4,7	3.580	3.359	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	77	60	62	53	66	45	58	261	332	222	315
70	19- 8-57	–	4-18	–	1,7	–	4,8	3.430	3 207	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	65			41	56	45	53	190	278	242	322
71	23- 8-57	–	4-05	–	1 5	–	4,3	3.580	3.359	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	69	54	56	44	56	47	54	201	294	212	319
73	4- 9-57	3-30	3-25	2,0	1,8	4,1	3,4	3.550	3.438	2,10	0,40	19,80	6,40	4,40	62,40	2,40	1,70	49	20	10	57	68	59	62	47	54	44	54	218	304	213	329
74	10- 9-57	–	4-30	–	4,5	–	4.7	3.380	3.281	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	71	56	58	43	53	42	54	206	285	222	312
75	16- 9-57	–	4-25	–	1,8	–	6,0	3.320	3.147	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	70	53	57	44	55	42	55	205	307	205	309
76	19- 9 57	–	3-15	–	1,7	–	3,8	3.580	3.433	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	68	59	63	50	56	44	54	231	322	217	311
Média		3-43	3-52	1,7	1,7	3,8	4,3	3.350	3.250	1,92	0,42	19,65	6,63	4,64	62,81	2,42	1,57	50	18	10	53	69	57	61	44	57	42	55	209	315	205	333
Máximo		4-41	4-45	2,2	6,5	5,4	6,2	3.750	3.836	3,43	0,76	20,34	7,06	6,80	63,48	2,68	2,00	60	29	11	61	78	65	70	53	66	50	58	239	404	242	370
Mínimo.		3-00	2-35	1,0	1,2	2,0	2,3	3.090	2.878	0,86	0,15	18,48	6,18	4,26	62,10	2,17	1,15	39	8	8	48	64	50	52	36	47	36	50	172	262	166	309
Limite especificado		1 a 8 h	1 a 8 h	⩽ 4	⩽ 4	⩽ 6,5	⩽ 6,5	⩽ 3.200	⩽ 3.200	⩽ 4	⩽ 1,5	—	—	—	—	⩽ 4	⩽ 2,5	—	—	—	⩽ 60	⩽ 75	—	—	40	50	40	50	180	280	180	280

Resistência à compressão

Resumem-se no quadro V os resultados do controle da resistência à compressão do betão de diferentes dosagens, em cubos de 20 cm de aresta. As dispersões encontradas nunca excederam 12 % no ensaio aos 84 dias, o que leva a classificar (2) de *bom* o fabrico do betão sob o ponto de vista da regularidade. A técnica seguida na colheita dos provetes, cura o ensaio dos mesmos, tendo em conta a dispersão entre provetes da mesma colheita (sempre inferior a 3 %) pode considerar-se (3) *excelente*.

Na figura 2 representam-se algumas curvas de resistência referentes aos betões de mais fracas dosagens.

Resistência à tracção (por flexão)

Colheram-se com regularidade (1 vez por semana) provetes prismáticos de 14,1 × 14,1 cm² de base por 56,4 cm de altura, para controle da resistência do betão à tracção (por flexão). Tal como os cubos de 20 cm de aresta, estes provetes eram moldados com betão crivado pela malha de 38 mm.

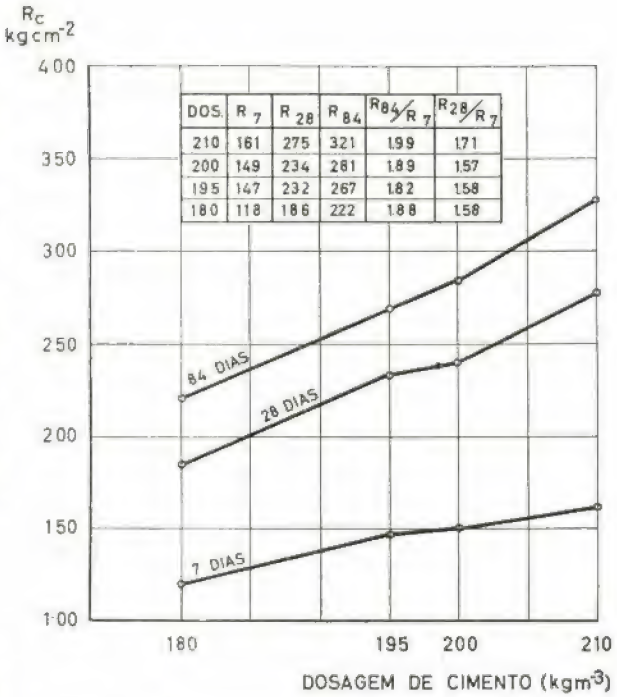


Fig 2 — Resistências à compressão do betão crivado, em cubos de 20 cm de aresta

A rotura à flexão fez-se numa máquina do tipo «Simrup», pela aplicação, nas cabeças do prisma, de 2 momentos iguais e opostos.

Para atender a que, na fase de rotura do betão, deixa de verificar-se a hipótese de Navier, adoptou-se o coeficiente 3,6 (e não 6) na expressão:

$$R_t = \frac{3{,}6\ M}{b\ h^2} \qquad (h = b = 14{,}1\ \text{cm})$$

que determina a tensão de rotura por flexão. Os valores de R_t encontrados correspondem, assim, a 60 % dos que se obtêm admitindo a validade daquela hipótese

Cada uma das partes em que ficava dividido o prisma após o ensaio era submetida à compressão, interpondo 2 placas de aço, bem desempenadas, com 14,1 cm de lado e 1,5 cm de espessura, entre as faces do prisma sujeitas à carga e os pratos da prensa.

Na fig. 3 procurou-se relacionar, com base nos valores obtidos, estas 2 tensões. Verifica-se que o cociente $R'c/Rt$, entre as tensões de rotura à compressão e à tracção (por flexão), aumenta com o valor de $R'c$.

Simultâneamente com a colheita de provetes prismáticos, fazia-se a moldagem de rotina de

---

resultados foram semelhantes aos de Picote, como se vê do quadro seguinte:

Dosagem kg m⁻³	Tipo de betão	Tensões (1 ano) kg cm⁻²	Tensões (relativas)
250	I	287	100
	C	297	104
	I	334	100
	C	324	97
225	I	267	100
	C	281	105
	I	275	100
	C	290	105
180	I	279	100
	C	242	88
	I	253	100
	C	242	96
Média			100
			99

(2) ACI Commitee 214 — «Journal of the American Concrete Institute», Dezembro de 1956.

(3) Idem, ibidem.

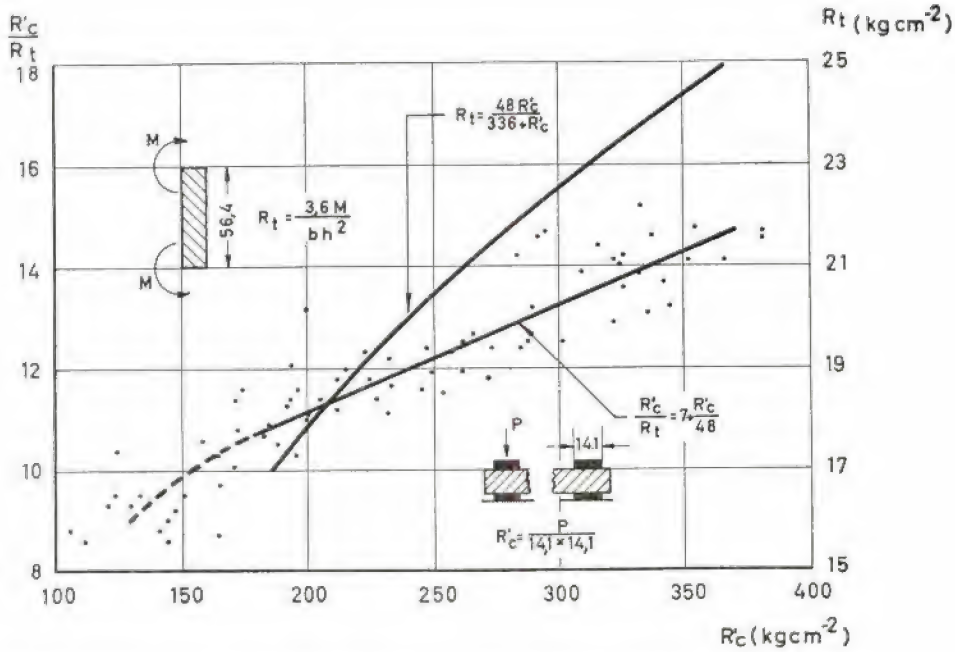


Fig. 3 — Resistências à tracção (por flexão) — Rt — e à compressão — $R'c$ — em prismas de 14,1 × 14,1 × 56,4 cm³

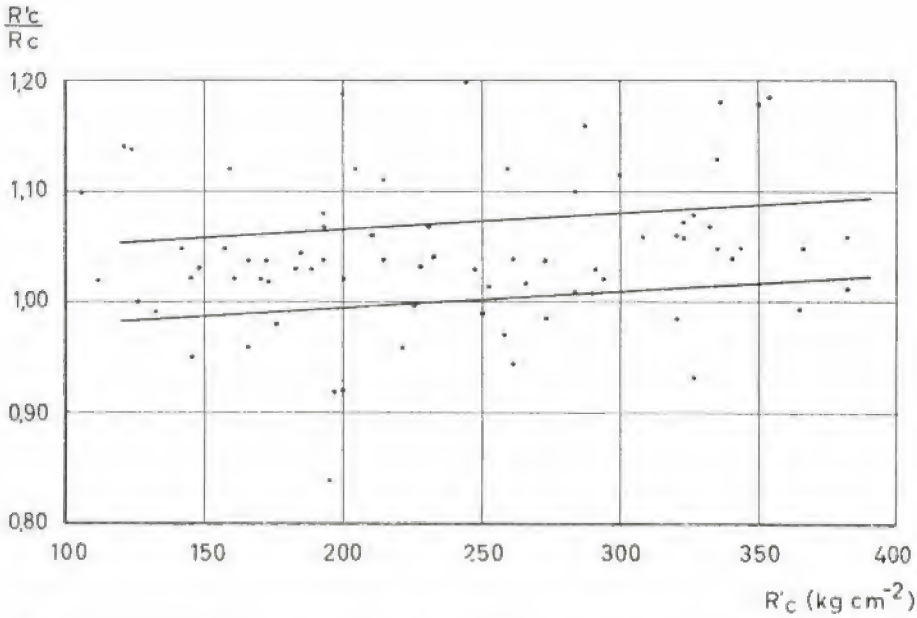


Fig. 4 — Resistências à compressão em cubos de 20 cm de aresta — Rc — e em prismas de secção 14,1 × 14,1 cm² — $R'c$, após a rotura destes, à flexão

cubos de 20 cm de aresta, que se ensaiaram à compressão ao mesmo tempo que aqueles. Foi assim possível reunir um conjunto de valores que permitem estabelecer uma correlação entre a tensão de compressão em prismas $R'c$ e o cociente $R'c/Rc$, representando por Rc a tensão em cubos.

A fig. 4 permite verificar que, apesar de acentuada dispersão, está definida uma tendência a durante a execução da barragem e em diferentes confirmar que $R'c/Rc$ é ligeiramente superior à unidade e que aumenta com a resistência do betão.

Amostragem por extracção de carotes

Extraíram-se, por meio de sonda de grenalha, épocas e blocos, carotes de betão com diâmetro

QUADRO V

BARRAGEM DE PICOTE

Mapa-resumo do controle da resistência do betão

Tensões de rotura em provetes cúbicos de 20 cm de aresta moldados com betão crivado por malha de 38 mm

Dosagem de cimento kg m^{-3}	Idade dias	N.º de colheitas	N.º de provetes ensaiados	Tensão de rotura kg cm^{-2}			Desvio médio quadrát. kg cm^{-2}	Dispersão %
				Mínima	Média Rm	Máxima		
275	7	12	36	213	*243*	288	22	9
	28		36	272	*317*	386	30	9
	84		36	329	*369*	447	31	8
250	7	12	36	158	*199*	247	24	12
	28		36	235	*281*	345	29	10
	84		36	288	*317*	403	30	9
225	7	48	144	132	*194*	253	27	14
	28		144	207	*290*	357	34	12
	84		144	242	*315*	412	38	12
210	7	105	315	99	*161*	241	29	18
	28		315	191	*275*	372	37	18
	84		315	239	*321*	454	38	12
200	7	42	126	104	*149*	220	27	18
	28		126	176	*234*	320	33	34
	84		126	215	*281*	361	33	12
195	7	59	177	100	*147*	236	25	17
	28		177	174	*232*	301	30	13
	84		177	213	*267*	341	30	11
180	7	37	111	82	*118*	160	20	17
	28		111	144	*186*	237	23	12
	84		111	174	*222*	279	27	12

de 32 cm e altura superior a 1,50 m, por forma a atravessar uma camada de betonagem, cortando a junta horizontal de trabalho. Assim se podia observar o aspecto geral do betão colocado em obra e a forma como era executada a junta de trabalho. Notou-se que o betão se apresentava sempre compacto, com boa aderência da argamassa às britas, raramente se observando poros ou «chochos» provenientes de insuficiente vibração. Só com dificuldade, em regra, se descobria a junta de trabalho.

Em algumas destas carotes praticou-se, antes da extracção, um furo axial, não vasante, por martelo pneumático. Mediante a aplicação de um obturador idêntico ao utilizado nas injecções de cimento, submetiam-se as carotes à acção de água sob pressão como processo expedito de detectar a existência de poros ou de deficiente solidarização da brita pela argamassa envolvente. As carotes ensaiadas apresentaram-se normalmente sem perdas de água aparentes, confirmando a boa impressão colhida no exame visual.

Das carotes extraídas preparam-se cilindros com a altura de 32 cm (igual ao diâmetro), cujas faces, tornadas paralelas, se planificaram cuidadosamente para serem submetidas, na prensa, ao ensaio de compressão. Operava-se assim, sobre um *betão integral*, cuja cura se havia efectuado na massa da barragem antes da extracção (cerca de 2 semanas) e no quarto de cura do laboratório, após a extracção.

Indicam-se os resultados até agora obtidos:

Dosagem de cimento (kgm^{-3})	N.º de provetes	Tensão da rotura			Idade no ensaio
		min.	média	máx.	
225	4	249	*306*	339	180
210	7	195	*297*	330	180
200	5	224	*264*	303	180
180	3	279	*279*	280	90

Dosagens de cimento. Resistências garantidas

Viu-se na fig. 1 que se operaram no período relativamente curto de 14 meses — tal a duração da betonagem da barragem — sucessivas reduções da dosagem do betão. O objectivo primário foi, evidentemente, de ordem económica.

As 3 primeiras dosagens (275-250 e 225) foram aplicadas sòmente nos 3 primeiros meses da betonagem, período em que se procedeu à afinação da cadeia de fabrico do betão e permitiu reunir um conjunto de resultados de resistência. Sucedeu-se a dosagem de 210 kg m^{-3}, a mais largamente aplicada, tendo-se descido depois, por escalões muito moderados (a reflectir um certo esforço contra a rotina) até à de 180 kg m^{-3}.

Rg — resistência garantida (com probabilidade *p*).

Rm — resistência média (p = 0,5).

e — dispersão (coeficiente de variação) (1).

Os gráficos *a* e *b*, fig. 5, baseados naquela expressão, dizem respeito aos betões de 210 kg m^{-3} e 180 kg m^{-3} produzidos em Picote.

Á resistência média *Rm* fez-se corresponder, como se sabe, a probabilidade 0,5. Permitem aqueles gráficos verificar, com clareza, como o valor da dispersão influi na probabilidade com que determinada resistência pode ser assegurada. Mais expressivo, talvez, é o gráfico representado na fig. 6. Por ele se pode ver que, se em dada obra onde a produção se caracteriza por uma dispersão 0,10, pretendemos garantir uma determinada resistência *Rg* (por exemplo de

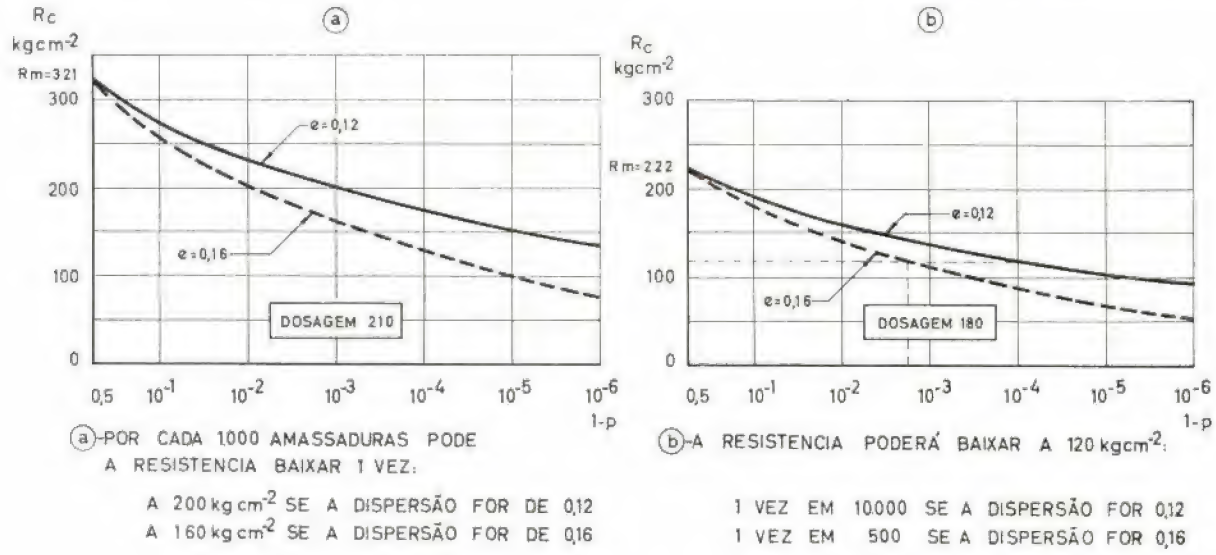


Fig. 5 — Resistências garantidas em cubos de 20 cm de aresta de betão crivado, com dosagens de 210 kgm^{-3} e 180 kgm^{-3} para dispersões de 12 % e 16 %

As resistências médias e as dispersões assinaladas no quadro V permitem definir a qualidade da produção se, como é usual, se admite que as resistências se distribuem segundo a lei de Gauss. A probabilidade com que uma resistência *Rg* pode ser garantida obter-se-á, então, da seguinte expressão:

$$Rg = Rm\ (1 - \lambda\ c)$$

onde

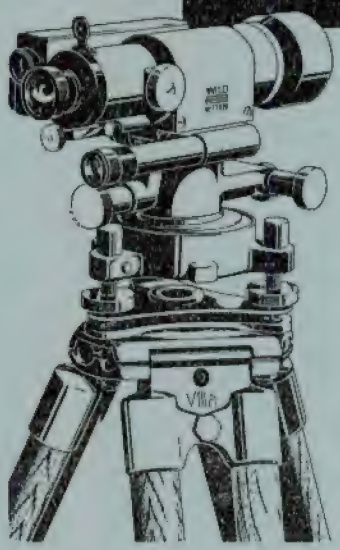
λ — factor relacionado com a probabilidade *p*.

200 kg cm^{-2}) com uma probabilidade de 39/40 (em 40 amostras, só uma apresentará resistência inferior áquele limite), dever-se-á apontar para um valor da média *Rm* igual a 1,25 *Rg*, sejam 250 kg cm^{-2}. Mas se a produção é mais irregular, vindo a definir-se pela dispersão de 15 %, então a resistência média de pontaria deverá subir para 1,41 *Rg*, sejam 182 kg cm^{-2}. Como para aumentar as médias raramente se

(1) O valor de *e* só tem significado quando referido a um número elevado de ensaios.

WILD
HEERBRUGG

a marca suíça
de fama mundial



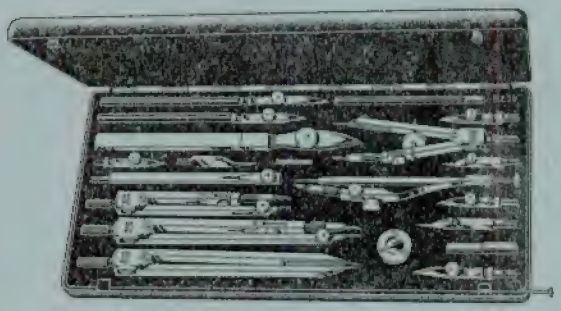
NÍVEIS E TEODOLITOS

de construção moderna
para todos os fins

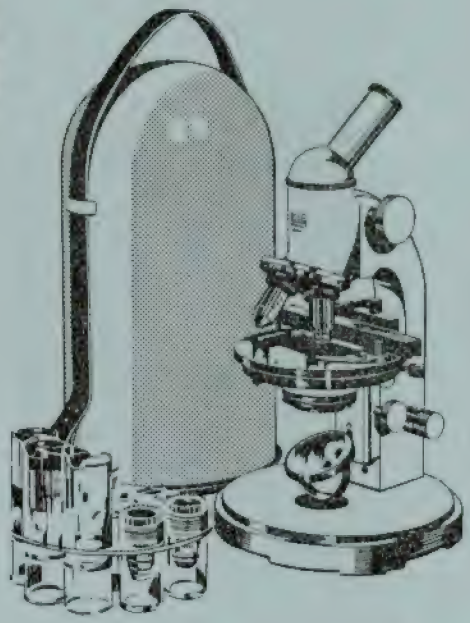
MICROSCÓPIOS

com equipamentos para todos
os trabalhos de microscopia

WILD
HEERBRUGG



Estojos de desenho **Wild**
Únicos de aço crómio inoxidável



REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

WILD PORTUGAL, LDA. PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8 S/L 6
LISBOA — TELEF. 68 11 27

ROLIM COMERCIAL

S. A. R. L.

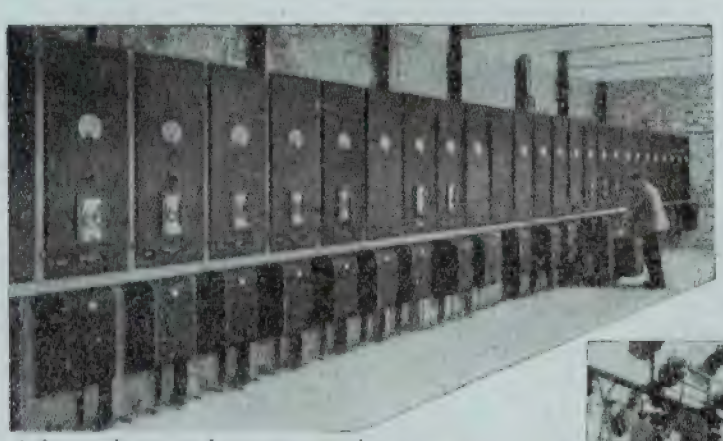
Fornecedores de material para:

TERRAPLENAGENS
ESTRADAS
PONTES
CONSTRUÇÃO CIVIL
MINAS
MÁQUINAS—FERRAMENTAS

Permanente stock de máquinas em armazém.

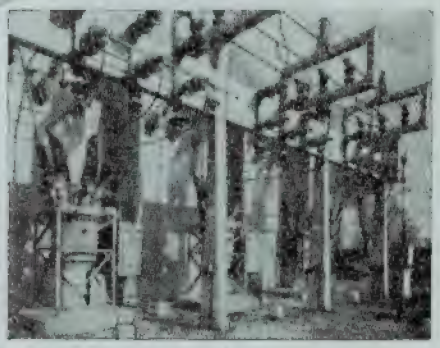
Escritório:
Largo Vitorino Damásio, 3-1.º
Telef. 66 01 95 LISBOA

Oficina:
Tr. Marquês Sá da Bandeira, 12
Telef. 76 42 24 LISBOA



APARELHAGEM DE CORTE

A figura da esquerda mostra um dos 4 paineis do equipamento auxiliar da Central Geradora de Rye House, B. E. A. Eastern Division, compreendendo um total de cento e catorze disjuntores em banho de óleo, de contactos verticais tipo QF, 150 MVA, 3,3 kV;

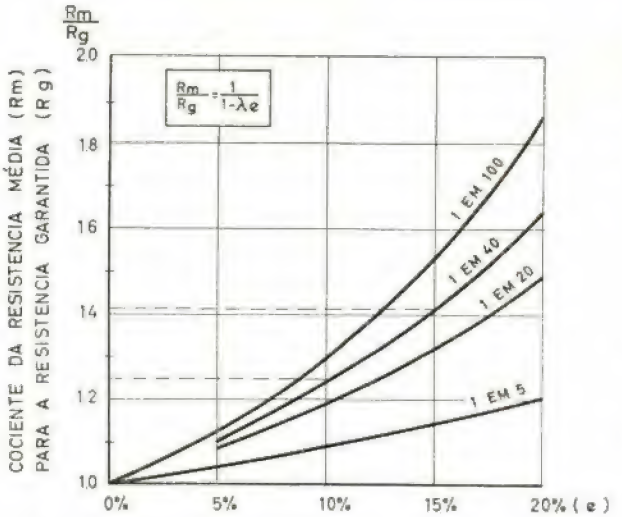


A figura da direita mostra: Parte da instalação exterior com barramento duplo de 33-KV, 1.000 MVA, da central acima, contendo disjuntores em banho de óleo do tipo JB.

THE **BRITISH THOMSON-HOUSTON** CO. LTD · WILLESDEN · ENGLAND
Member of the AEI group of companies

REPRESENTANTES GERAIS
GENERAL ELECTRIC PORTUGUESA
RUA DO NORTE, 5 – LISBOA • RUA SÁ DA BANDEIRA, 585 – PORTO

A 4628



PARA GARANTIR, COM e=10 %, UMA RESISTENCIA Rg ABAIXO DA QUAL NÃO APAREÇA MAIS QUE 1 RESULTADO EM 40, É NECESSÁRIO APONTAR PARA Rm= 1,25 Rg. SE e=15%, A RESISTENCIA MÉDIA DE PONTARIA DEVERÁ SER 1.41 Rg.

Fig. 6 — Curvas de probabilidade, para diferentes dispersões e valores do cociente $\frac{Rm}{Rg}$.

foge a aumentar as dosagens, assim se pode julgar do interesse económico da regularidade da produção.

Resistência da Obra

Os valores de resistência até agora citados — à excepção dos referentes às carotes de betão extraídas da obra — dizem respeito a ensaios sobre provetes cúbicos de 20 cm de aresta. Para se julgar da verdadeira resistência do betão em obra, haverá que afectar as resistências assim encontradas de um coeficiente, inferior à unidade, que tenha em conta a dimensão e a forma daqueles provetes.

É um facto confirmado por numerosos investigadores que a tensão de rotura obtida num cubo de 20 cm de aresta é superior à de um cubo de 30 cm de aresta; e a deste superior à de um cubo de 50 cm de aresta. A curva de resistência decresce com a dimensão do provete, mas, para além dos 90 cm de aresta, o decrescimento é muito pequeno.

Adoptaremos o factor $k_1 = 0{,}86$, aconselhado no Concrete Manual (Bureau of Reclamation) para converter o número de resistência de um cubo de 20 cm no de um cubo suficientemente grande, suposto encorporado na massa do betão.

Quanto ao coeficiente de forma (cúbica, em vez de apresentar um altura cerca de 2 vezes a aresta da base, para romper mais correctamente, com fissuras aproximadamente verticais), calculá-lo-emos pela seguinte expressão indicada por R. l' Hermite (1)

$$k_2 = 0{,}76 + 0{,}20 \log_{10} \frac{R}{200}$$

sendo R a resistência do cubo, em kg cm^{-2}.

Para o caso do betão de 210 kgm^{-3} e reportando-se à resistência aos 84 dias — deduz-se daquela expressão

$$k_2 = 0{,}80$$

O coeficiente k de correspondência entre o número de resistência de um provete cúbico de 20 cm de aresta e o do betão da obra será

$$k = 0{,}86 \times 0{,}80 = 0{,}69 \text{ (2)}$$

Na fig. 7 indicam-se, para as dosagens de 210 kg m^{-3} a 180 kg m^{-3}, as resistências encontradas nos cubos de 20 cm e as correspondentes resistências do betão em obra (3). Na mesma figura assinalam-se ainda, para cada uma das 4 dosagens, as resistências (4) do betão em obra que podem ser *garantidas* com uma probalidade de $1 - 10^{-6}$. Esta probalidade significando que, em 1 milhão de amassaduras, *apenas uma* poderá

---

(1) V. "Idées actuelles sur la technologie du béton». La Documentation Technique du Batiment et des Travaux Publics 1955, pág. 132.

O ensaio dos provetes era feito com a interposição de cartões. O valor do coeficiente k_2 é, assim, obtido numa hipótese desfavorável.

(2) Este coeficiente, que diminui ligeiramente com a resistência, é estabelecido em condições que devem considerar-se muito desfavoráveis. Na realidade, a resistência à compressão de um provete que se idealize embebido na massa do betão é seguramente beneficiado pelo efeito da cintagem a que está sujeito. No seu interessantíssimo artigo: «Tecchnologie et contrôle des barrages en béton» — Bulletin Technique de la Suisse Romande, 15 Set.º 1956, o eng.º S. P. Stucky recomenda, tratando-se de cubos de 30 cm de aresta, o coeficiente 0,72.

(3) Atribuiu-se no coeficiente k o valor médio de 0,67.

(4) Estas resistências foram calculadas pela expressão:

$$Rg = Rm\ (1 - \lambda\ e), \text{ com } e = 0{,}12 \text{ e } \lambda = 4{,}76,$$
$$\text{a que corresponde } 1 - p = 10^{-6}.$$

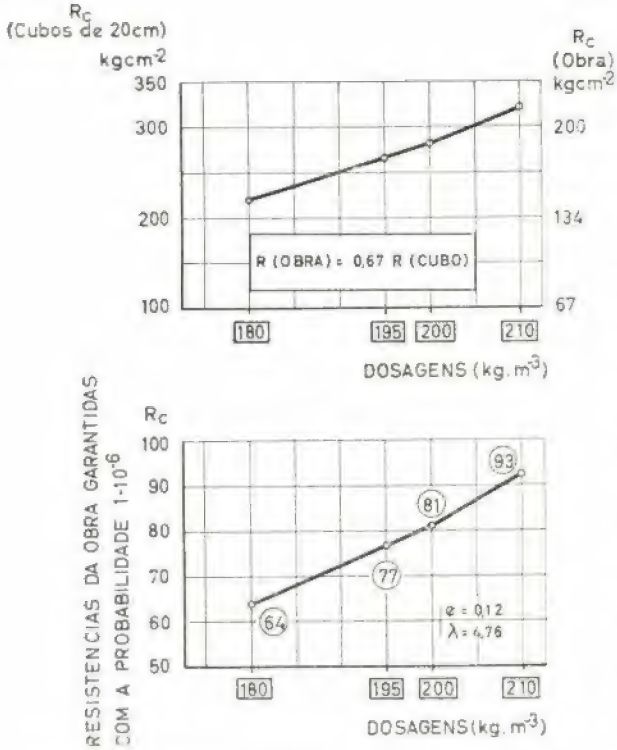


Fig. 7 — Resistências, aos 84 dias, em cubos de 20 cm e na obra. Resistências garantidas, na obra, com a probabilidade de $1 - 10^{-6}$

fornecer betão com a resistência inferior à garantida, equivale pràticamente a supor a impossibidade de atingir tal resistência.

Recorda-se que a máxima tensão de compressão prevista na barragem de Picote é de 30 kg cm^{-2}. Posto este valor, *máximo* e raro, em face dos valores *garantidos em obra* com uma probalidade de 99,9999 %, tem-se uma noção da margem de segurança atingida.

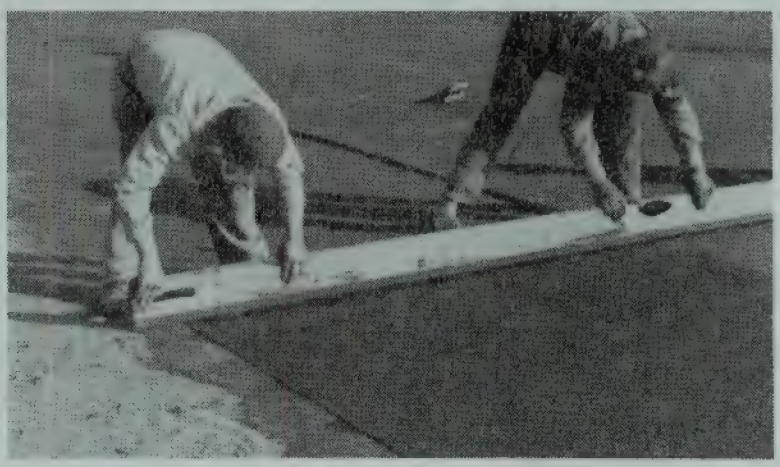
É, naturalmente, ao autor do projecto que caberá distribuir, no corpo da barragem, o valor das tensões mínimas a garantir com uma probabilidade que indicará. Ao técnico do betão compete fazer obra *resistente, duradoura e económica.* Resistente, por forma que assegure as tensões impostas pelo projectista; duradoura, em face das condições locais e dos agentes que possam ser agressivos para o betão da estrutura; económica, graças à regularidade do fabrico, ao aproveitamento mais judicioso dos agregados e à redução, quanto possível, do gasto de cimento.

Não se tem, entre nós, seguido ainda um critério objectivo que presida ao escalonamento das dosagens dos betões de uma grande barragem. O problema tem cada vez mais interesse, não só de ordem económica, com também de ordem técnica.

Procuramos estabelecer um tal critério e é de esperar que, quando da betonagem das barragens brevemente a construir (Miranda e Alto Rabagão), ele possa já ser adoptado.

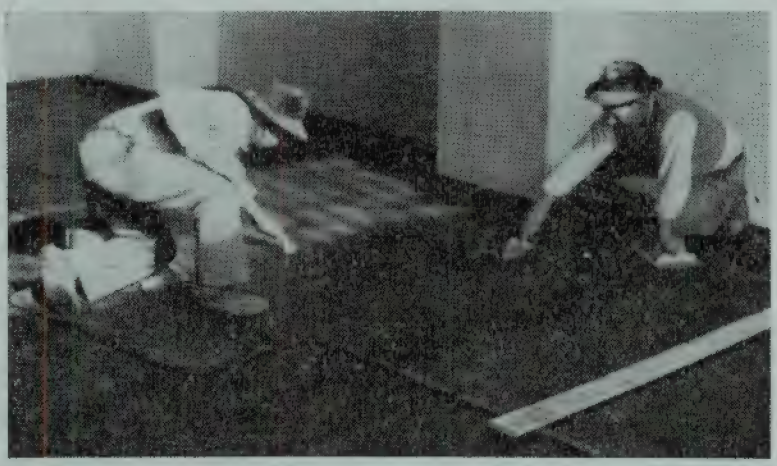
um pavimento resistente

de fácil aplicação a frio



Ilustram as fotografias, as três principais fases da aplicação de um pavimento **FLINTKOTE**:

- **Camada de aderência**
- **Espalhamento e nivelamento da argamassa**
- **Afagamento da superfície**



Assim se obtém um pavimento elástico, resistindo a trânsito pesado sem desagregação nem produção de poeiras, mau condutor do som e do calor, impermeável, incombustível e económico.

SHELL

FLINTKOTE

EMULSÕES BETUMINOSAS

UNILENE

Características:

Leveza; grande resistência ao choque, esmagamento e abrasão; boa flexibilidade; grande estabilidade dimensional; perdas de carga minimas; imunidade à incrustação, insensibilidade às baixas temperaturas; resistência aos ácidos minerais, alcalis e soluções salinas, inatacabilidade por fungos ou roedores. Não tóxico.

Restrições:

A temperatura máxima de serviço contínuo é de 50° C.

Aplicações:

Construção Civil, Indústria Química, Condutas desmontáveis ou fixas para cerveja, agricultura, vinicultura, sulfato para as vinhas, estábulos, nitreiras, centrais leiteiras, sumos de frutos, águas ácidas, água salgada ou calcárea, condutas de água e ar nas minas, pedreiras, etc.

UNILENE

SOCIEDADE FABRIL DE MATÉRIAS PLÁSTICAS

PORTO
RUA DO HEROÍSMO, 291
Tele { gramas UNISOTRA
fone (prov.) 5 2102

LISBOA
RUA DA EMENDA, 19
Tele { gramas UNISOTRA
fone 2 0448 - 36 7488 - 36 7489

C. D. U. 621.643.001.2

Sobre o cálculo de condutas a vapor para altas pressões e temperaturas

POR F. J. FRAZÃO SARDINHA
(Do 6.º do Curso de Máquinas do I. S. T.)

1. Introdução

Os métodos existentes até há poucos anos para a determinação de flexibilidade e fadiga das condutas de vapor eram sòmente aproximados. Isso era devido à forma simplificada que as condutas assumiam comparadas com as das actuais instalações.

As pressões e temperaturas eram baixas e as fadigas das condutas pequenas.

A maioria dos navios construídos actualmente usam vapor a 31,6 kg/cm² e 400° C à saída do sobreaquecedor. Em trabalhos navais as temperaturas têm ido acima de 463° C.

Ver-se-á que a conduta deve ser agora projectada para absorver consideràvelmente mais expansão e ainda, devido às altas pressões e temperaturas em jogo, terá de ser mais espêssa e portanto mais rígida.

Com vista ao acima dito e tendo em conta que as condutas ocupam uma parte importante da verba no conjunto dum projecto de engenharia naval é razoável que se pense sèriamente nelas do ponto de vista de segurança, disposição e execução.

2. História

Em 1873, o Prof. Charles E. Greene inventou o método das áreas dos momentos e ensinou-o na Universidade de Michigan. Este método mostra que a forma assumida por qualquer viga debaixo de carga pode ser determinada por exame do seu diagrama de momentos flectores muito mais ràpidamente e radicalmente do que derivando as expressões matemáticas da sua curva elástica, que se torna o mais laborioso e monótono procedimento, excepto para os casos mais simples.

O método do Prof. Greene não se tornou popular tão depressa como merecia. A aplicação do método das àreas dos momentos para a solução de problemas de fadiga em condutas foi sugerido por Paul Todd e a sua primeira aplicação foi publicada no «Piping Handbook» por Walker e Crocker em 1931.

O método é de simples compreensão e uma vez conhecido a fundo nos seus elementos, não oferece dificuldades na sua aplicação para qualquer sistema de condutas com qualquer número de ramos e pontos de fixação (apoio). O uso de máquinas de calcular automáticas eliminam em grande parte a monotonia dum grande número de operações aritméticas, e mesmo os casos mais difíceis podem ser resolvidos provàvelmente em menos tempo do que tentando fazer aproximações que por fim podem não fechar satisfatòriamente os cálculos. Uma vez encontrada a solução este método fornece não só as fadigas e reacções mas também um diagrama completo de fadigas para cada plano, a localização dos pontos de contraflexão que podem ser usados para determinar a colocação de flanges e soldaduras e com muito pouco trabalho o movimento relativo de qualquer ponto da conduta que é útil para determinar a colocação de suportes.

3. Método das áreas dos momentos

Se uma conduta entre duas fixações se expande devido a um aumento de temperatura, as reacções nas fixações serão a soma de efeitos como se uma das extremidades se movesse primeiro livremente e depois fosse forçada a voltar à sua posição original.

3 a) *Teoremas*

Teorema I. O ângulo entre as tangentes em dois pontos quaisquer duma curva elástica duma viga é igual à área do diagrama de momento flector entre esses dois pontos dividido por EI

$$\phi = \frac{\text{área do diagrama de M}}{\text{E I}}$$

Teorema II. A flecha do ponto B duma curva elástica duma viga, longe da tangente a outro ponto A, iguala o produto da área do diagrama de momentos entre A e B pela distância ao ponto B do centro de gravidade dessa área dividido por E I

$$\Delta = \frac{\text{área do diagrama de } M \times X}{E\,I} = \phi\, X$$

3 b) *Problema exemplificativo*

Considere-se uma conduta constituída pelos troços AB e BC.

As duas extremidades A e C estão fixadas e a conduta deve absorver a expansão térmica própria e o movimento do apoio. A soma destes é a expansão total e tem componentes e_x ao longo do eixo x e e_y ao longo do eixo y.

Para fins de cálculos supomos que a extremidade A é fixa e a extremidade C é livre. Então aplicamos sucessivamente à extremidade livre forças F_x e F_y e momento M, com o fim de determinar os seus efeitos individuais no ângulo e deslocamento da extremidade livre.

3 b 1) *Força F_x*

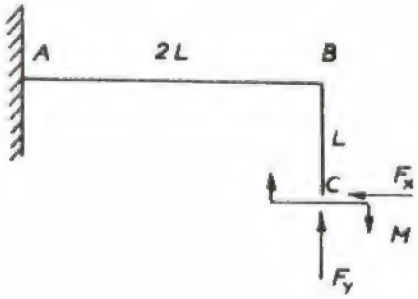
A conduta ABC pode considerar-se dividida em duas consolas. A consola AB que é actuada por um momento em B e a consola BC carregada com uma força na extremidade livre C e rodando devido ao ângulo em B.

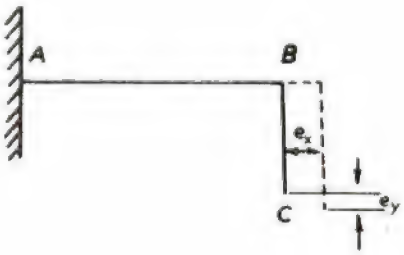
$$\phi_a = 0$$

$$\phi_b = \frac{2\,F_x\,.\,L^2}{E\,I}$$

$$\phi_c = \phi_b + \frac{F_x\,.\,L^2}{E\,I} = \frac{5}{2}\,.\,\frac{F_x\,.\,L^2}{E\,I}$$

O ângulo no ponto C é igual à área total do diagrama de momentos flectores dividida por E I.





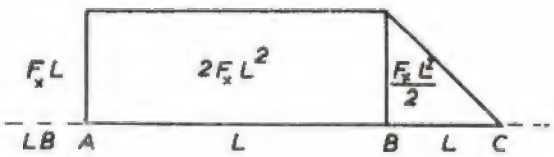


Diagrama de momentos flectores devidos à força F_x.

$$\phi_b = \frac{2\,F_x\,L^2}{E\,I} \qquad \phi_{bc} = \frac{F_x\,L^2}{2\,E\,I}$$

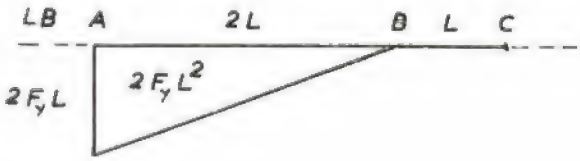


Diagrama de momentos flectores devidos à força F_y.

$$\phi_b = \frac{2\,F_y\,L^2}{E\,I}$$

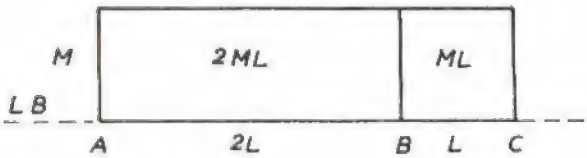


Diagrama de momentos flectores devidos ao momento M.

$$\phi_b = \frac{2\,M\,L}{E\,I} \qquad \phi_{bc} = \frac{M\,L}{E\,I}$$

Vemos então que o primeiro teorema do método das áreas dos momentos se aplica a toda a conduta; que o ângulo da suposta extremidade livre é representado pela área completa do diagrama de momentos e que o ângulo em qualquer ponto intermédio é representado pela área do diagrama de momentos flectores entre o ponto fixo e aquele ponto.

Flexão devida a F_y:

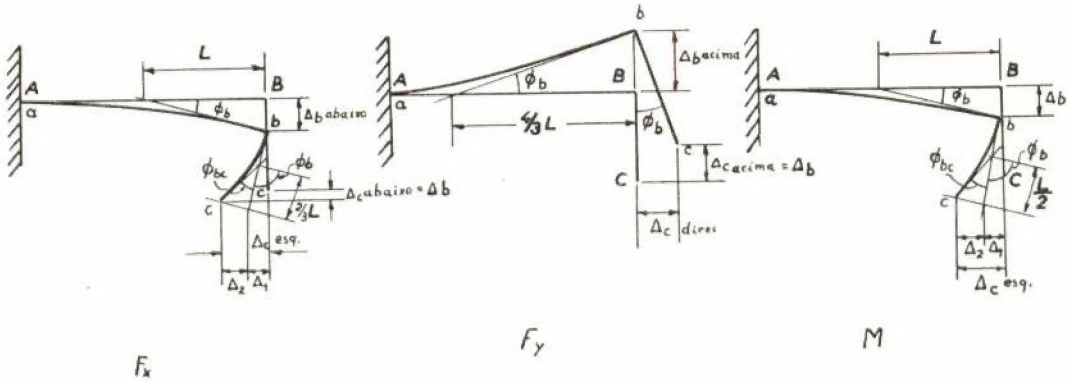
$\Delta_a = 0$

$$\Delta_b = \phi_b \cdot \frac{2}{3}\, 2\,L = \frac{8}{3}\,\frac{F_y\,L^3}{E\,I} \quad \text{(acima)}$$

$\Delta_b = 0$ (direita)

$\Delta_c = \Delta_b$ (acima)

$$\Delta_c = \phi_b \cdot L = \frac{2\,F_y\,L^3}{E\,I} \quad \text{(direita) (devido à rotação de } bc\text{)}$$



Flexão devida à força F_x:

$$\Delta_b = \phi_b \cdot L = \frac{2 \cdot F_x \cdot L^3}{2\,E\,I} \quad \text{(abaixo)}$$

$$\Delta_c = \phi_c \cdot L = \frac{2 \cdot F_x \cdot L^3}{2\,E\,I} \quad \text{(abaixo)}$$

$$\Delta_c = \Delta_1 + \Delta_2 = \phi_b \cdot L + \phi_{bc} \cdot \frac{2}{3}\,L =$$

$$= \frac{7}{3} \cdot \frac{F_x \cdot L^3}{E\,I} \quad \text{(esquerda)}$$

3 b 2) *Força F_y*

A força F_y actua axialmente em BC. Lembrando que estamos realmente tratando de muito pequenas flexões supomos que a força F também actua axialmente em bc. Assim o momento flector em BC é nulo.

O momento flector para a consola AB é o mesmo que se obteria se a força F_y fosse aplicada directamente em B. É nulo em B e $F_y \times 2L$ em A. O momento flector é colocado abaixo da linha base porque o sentido de rotação do momento flector é contrário ao dos ponteiros dum relógio.

Os ângulos são determinados a partir do exame do diagrama:

$\phi_a = 0$

$$\phi_b = -\frac{2\,F_y\,L^2}{E\,I}$$

$\phi_c = \phi_b$ (desde que *bc* não tenha curvatura e se se mantém perpendicular a *ab*)

3 b 3) *Momento M:*

É óbvio que o momento M é transmitido ao longo da conduta e produz um momento flector constante igual a M. O momento flector é na direcção dos ponteiros dum relógio em ambos *ab* e *bc* e por isso é colocado acima da linha base.

Ângulos devidos a M:

$\phi_a = 0$

$$\phi_b = \frac{2\,M\,L}{E\,I}$$

$$\phi_c = \phi_b + \phi_{bc} = \frac{3\,M\,L}{E\,I}$$

Flexão devida a M:

$\Delta_a = 0$

$$\Delta_b = \phi_b \cdot \frac{1}{2} \cdot 2L = \frac{2\,M\,L^2}{E\,I} \quad \text{(para baixo)}$$

$\Delta_b = 0$ (para a esquerda)

$\Delta_c = \Delta_b$ (para baixo)

$$\Delta_c = \Delta_1 + \Delta_2 - \phi_b\,L + \phi_{bc}\,\frac{1}{2}\,L$$

$$= \frac{5}{2} \cdot \frac{M\,L^2}{E\,I} \quad \text{(para a esquerda)}$$

Faço notar que o sinal deve ser fixado para o ângulo mas que este sinal não é usado em determinação da direcção da flexão, que deve ser

determinada por inspecção à vista da forma da conduta e da força e momento actuando nela.

3 b 4) *Sumário*:

Os momentos flectores, rotações e flexões devidos a F_x, F_y e M foram obtidos numa laboriosa e longa escrita com o propósito de esclarecer. No cálculo efectivo do problema é sòmente necessário desenhar os diagramas dos momentos flectores e escrever as áreas em cada troço do diagrama; as rotações e flexões são tabeladas como se observará na aplicação. Por cada ponto da extremidade de cada troço, seguindo de A para C, consideram-se e tabelam-se: a rotação do troço; a flexão produzida por uma força que é aplicada ou transmitida ao troço, (apresentado pela porção triangular do diagrama dos momentos flectores); a flexão produzida por um momento flector constante, (apresentado pelas áreas rectangulares do diagrama de momentos flectores).

Recapitulando, temos uma conduta ABC que está fixada em ambas as extremidades A e C. A conduta foi instalada a uma temperatura de 15° C e operará a uma temperatura de 463° C. Pretende-se encontrar as fadigas de flexão devidas à expansão térmica da conduta.

Na resolução supomos que a conduta está fixa em A e livre em C. Com o fim de a trazer à posição original devem aplicar-se duas forças e um momento.

(1) O ponto C é fixo e portanto não pode rodar.

A rotação em C quando a conduta está quente é a mesma do que quando a conduta está fria.

(2) A flecha em C para a esquerda deve ser igual a e_x.

(3) A flecha em C dirigida para cima deve ser igual a e_y.

Para satisfazer a (1) a soma das rotações devidas a F_x, F_y e M deve ser igual a zero.

$$\left(\frac{5\,F_x\,L^2}{2} - 2\,F_y\,L^2 + 3\,ML\right) \cdot \frac{1}{EI} = 0$$

Para satisfazer a (2) a soma das flechas para a esquerda deve ser igual a e_x.

$$\left(\frac{F_x\,L^3}{3} - 2\,F_y\,L^3 + \frac{5\,M\,L^2}{2}\right) \cdot \frac{1}{EI} = e_x$$

Para satisfazer a (3) a soma das flechas para cima deverá ser igual a e_y.

$$\left(-2\,F_x\,L^3 + \frac{8\,F_y\,L^3}{3} - 2ML^2\right) \cdot \frac{1}{EI} = e_y$$

As fadigas de flexão podem agora ser calculadas usando os valores de F_x, F_y e M nos seus respectivos diagramas de momentos flectores. Somando estes valores encontramos para cada ponto um valor M resultante.

A fadiga de flexão em cada ponto é igual a:

$$\sigma_f = \frac{M\,D}{2\,I}$$

3 c) *Fadigas de expansão*:

As regras para a classificação e construção de navios em ferro do «American Bureau of Shipping» para o ano de 1957 mandam calcular as fadigas de expansão pela fórmula

$$S\,E = \sqrt{\sigma_f^2 + 4\,\sigma_t^2}$$

onde:

σ_f fadiga da flexão resultante.
σ_t fadiga de torsão.

Esta fadiga combinada S E não pode exceder a fadiga admissível:

$$S\,A = 1{,}25\,.\,S_c + 0{,}25\,.\,S_h$$

onde:

S_c fadiga permitida nas condições frias. (Tabela 1).

S_h fadiga permitida nas condições quentes. (Tabela 1).

A soma das fadigas longitudinais devidas à pressão, peso e outras cargas exteriores de sustentação não pode exceder S_h.

Quando a soma destas fadigas é menor que S_h, a diferença entre S_h e esta soma deve ser adicionada ao termo 0,25 . S_h na fórmula atrás.

4. Factores de flexibilidade e Comprimentos equivalentes

Reconhece-se contudo, que as condutas usuais têm curvas arredondadas em vez de quadradas (em ângulo) e que certas porções podem ter uma

TABELA I

Valores das fadigas admissíveis para condutas-psi

Composição nominal	Carga de rotura	Temperatura de Serviço — graus Fahrenheit							
		— 20 a 650	700	750	800	850	900	950	1000
	1/14,22	1/14,22	1/14 22	1/14,22	1/14,22	1/14,22	1/14,22	1/14,22	1/14,22
Carb Stl	45000	7200							
» »	48000	9600							
» »	60000	12000							
» »	48000	9600	9300	8550	7200				
» »	60000	12000	11500	10400	8650				
» »	55000	11000	11000	11000	10750	10500	10000		
1/2 Cr. 1/2 M_o	55000	11000	11000	11000	10750	10500	10000	8000	5000
Carb Stl	48000	8160	7900	7300					
» »	60000	10200	9800	8800					
Wrgt Irn	40000	6400							
1 1/4 Cr. 1/2 M_o	60000	*12000*	12000	12000	12000	*11500*	10500	8800	6250
1 Cr. 1/2 M_o	60000	12000	12000	12000	11800	11350	10500	8800	6000
2 1/4 Cr. 1 M_o	60000	12000	12000	12000	12000	11500	10500	8800	6250

rigidez diferente por unidade de comprimento que a da conduta principal. Também no caso duma conduta principal com ramificações temos condutas de vários diâmetros no mesmo sistema.

Na resolução de tal conduta é necessário exprimir as rotações e flexões de todas as secções em termos dum momento de inércia base. O momento de inércia base pode ser o de qualquer secção, mas é usual adoptar o da secção menos rígida.

Supondo uma secção base e o respectivo momento de inércia, certos «factores de flexibilidade» devem aplicar-se a todas as outras secções de diferente rigidez. Estes factores são aplicados ao comprimento real da secção, para determinar um «comprimento equivalente» que, quando usado conjuntamente com os diagramas de momentos flectores darão as rotações e flexões correctas em termos do momento de inércia-base.

Suponhamos o ponto B e o momento de inércia básico I_b. O «factor de flexibilidade» é a razão do momento de inércia básico pelo real e é igual a:

$$\frac{I_b}{I} = k_1$$

Assim o diagrama de momentos flectores é desenhado com um comprimento equivalente igual a $k_1 . L$. Desse diagrama:

$$\phi_b = \frac{FK_1 L^2}{2 E I_b} = \frac{FK_1 L^2}{2EK_1 I} = \frac{FL^2}{2EI}$$

$$\Delta_b = \frac{FK_1 L^2}{2 E I_b} \cdot \frac{2 L}{3} = \frac{FL^3}{3EI}$$

As expressões acima mostram que quando o comprimento equivalente $K_1 L$ é usado juntamente com o momento de inércia base a solução dá a rotação e flexão correctas.

Faço notar que o comprimento equivalente $K_1 . L$ é usado só como comprimento ao longo da linha base do diagrama, mas que o comprimento real L é usado para obter o momento flector e o braço para a flexão ou rotação.

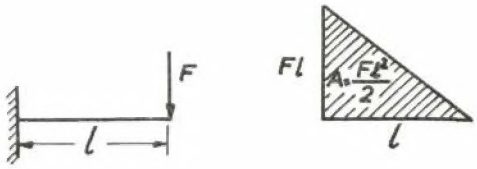
Foi verificado por teoria e «tests» que a conduta curva é mais flexível do que a teoria das barras curvas indicaria. O acréscimo de flexibilidade é devido à tendência da secção transversal da conduta para ficar plana, portanto, as fibras extremas tendem a aliviar-se de tensão; ao

mesmo tempo são introduzidas fadigas, conhecidas por fadigas transversais, que variam duma tensão máxima no lado de fora da parede da conduta até zero na fibra média da parede e compressão máxima do lado de dentro da mesma.

5. Casos simples do «Piping Handbook» por Crocker:

1.º caso

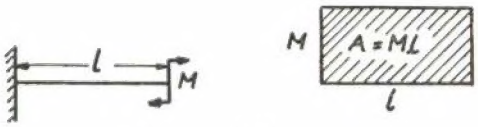
Consola rectilínea carregada por uma força transversal F na extremidade livre.



$$\begin{cases} \phi_F = \dfrac{Fl^2}{2EI} \\ \Delta_F = \phi_F \cdot \dfrac{2}{3}\, l \end{cases}$$ (deslocamento na direcção da força).

2.º caso

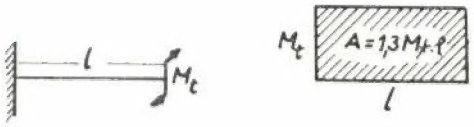
Consola rectilínea carregada por um momento M na extremidade livre.



$$\begin{cases} \phi_M = \dfrac{Ml}{EI} \\ \Delta = \phi_M \dfrac{1}{2}\, l \end{cases}$$

3.º caso

Consola rectilínea carregada por um momento de torsão M_t.



$$\phi_{Mt} = 1{,}30 \cdot \frac{M_t \cdot l}{EI}$$ 1,30 . l é o comprimento básico.

$$\phi_{Mt} = \frac{M_t \cdot l}{J \cdot G} = \frac{M_t \cdot l}{\dfrac{2EI}{2(1+0{,}30)}} = 1{,}30 \cdot \frac{M_t \cdot l}{EI}$$

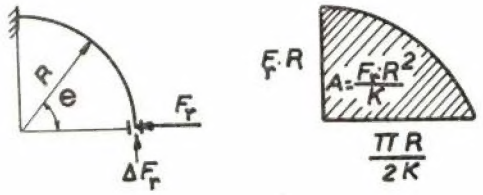
porque $J = 2I$ é o momento polar de inércia.

$$G = \frac{E}{2(1+\lambda)}$$ é o módulo de elasticidade para a torsão.

$\lambda = 0{,}30$ coeficiente de Poisson para o aço.

4.º caso

Curva de 90° fixa numa extremidade e carregada na extremidade livre por uma força radial F_r no plano da curva.



$$\phi_{Fr} = \frac{F_r \cdot R^2}{KEI}$$ K — factor de flexibilidade.

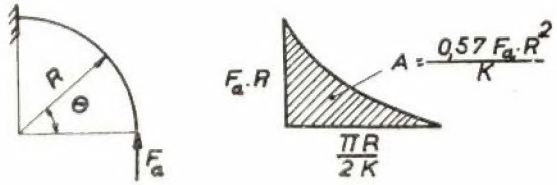
$$\begin{cases} \Delta_{Fr} = \phi_{Fr} \cdot 0{,}7854 \cdot R \\ \Delta_{\perp Fr} = \phi_{Fr} \cdot 0{,}50 \cdot R \end{cases}$$

deslocamento na direcção da força F_r.

deslocamento na direcção perpendicular a F_r

5.º caso

Curva de 90° fixa numa extremidade e carregada na extremidade livre for uma força axial F_a no plano da curva.



$$\phi_{Fa} = \frac{0{,}5708 \cdot F_a \cdot R^2}{KEI}$$

$$\begin{cases} \Delta F_a = \phi_{Fa} \cdot 0{,}624 \cdot R \\ \Delta \perp F_a = \phi_{Fa} \cdot 0{,}876 \cdot R \end{cases}$$

deslacamento na direcção da força F_a.

deslocamento perpendicular à direcção da força F_a.

6.º caso

Curva de 90.° fixa numa extremidade e actuada na outra por um momento flector M no plano da curva.